LA NATURE

REVUE DES SCIENCES ET DE LEURS APPLICATIONS



PROGRÈS DE LA PHOTO SOUS-MARINE

M. Rebikoff manie sa « torpille », la main droite sur l'appareil de prise de vues

(*Photo* H. Broussard ; avec le hublot correcteur d'Ivanoff, Le Grand et Cuvier).

N° 3221 – Septembre 1953 | Revue mensuelle | Le Numéro : 200 francs

Actualités et informations

L'étanchéité des joints sous vide élevé

L'emploi du vide élevé se développe rapidement dans l'industrie : en métallurgie, en chimie, en optique, et surtout en électronique. L'un des problèmes à résoudre dans cette technique est l'étanchéité des joints verre sur verre et verre sur métal. L'emploi des alliages métalliques contenant de l'indium semble devoir donner des résultats très satisfaisants. On peut en établir toute une série contenant comme autres éléments de l'étain, du bismuth, du cadmium, du plomb. Les formules varient en fonction des conditions thermiques et mécaniques à satisfaire. On peut obtenir à la fois une haute résistance mécanique et une grande insensibilité aux écarts de température entre — 50° C et + 100° C.

*
* *

La production espagnole d'énergie électrique pour 1952 a atteint le chiffre de 9 840 millions de kWh, dont 8 281 d'origine hydraulique et 1 559 pour la production thermique ; ce chiffre représente une augmentation de 14,8 pour 100 sur la production de 1951. Les échanges d'énergie entre l'Espagne et la France ont d'autre part porté sur 25 millions de kWh pour la production importée et 19 millions de kWh pour la production exportée. Au cours de 1952, neuf nouvelles centrales, représentant une production annuelle d'énergie électrique de 1 131 millions de kWh, ont été mises en exploitation en Espagne.

*
* *

La formation de buée, consécutive à l'humidité ou aux changements de température, sur les surfaces de verre et en matières plastiques peut être évitée par l'emploi d'un tissu nettoyant (« No-Mist ») fabriqué par une société américaine. Les surfaces à traiter (lunettes, pare-brise, miroirs, fenêtres, etc.) sont simplement essuyées à l'aide de ce tissu imprégné et elles se trouvent, en une seule opération, nettoyées et protégées contre la buée.

*
* *

Une usine pour la production de pâte à papier d'alfa est en construction en Tunisie près de l'oued Ellil. Elle est prévue pour une production annuelle de 60 000 t et doit débuter en 1954.

SOMMAIRE

PROGRÈS RÉCENTS DE LA PHOTOGRAPHIE SOUS-MARINE

SPHÈRES ÉTANCHES A 1 000 ATMOSPHÈRES

LES COMPTEURS DE PARTICULES

CONTROLE DE L'ÉTANCHÉITÉ DES CONDUITES PAR LES ISOTOPES

GRAND BARRAGE SUR LE HAUT-NIL

L'ATMOSPHÈRE, DOMAINE DE LA MÉTÉOROLOGIE (4)

LE PHYTOTRON LABORATOIRE DE BIOCLIMATOLOGIE

WAGONS POUR PONDÉREUX

DÉCOUVERTE ARCHÉOLOGIQUE A SAINT-GERMAIN-DES-PRÉS

LES ÉTOILES VARIABLES

LES FAUSSES CHENILLES DES TENTHRÈDES

Le système métrique dans la pharmacie anglaise

Depuis juillet 1953, toutes les mesures de l'industrie pharmaceutique anglaise sont effectuées avec les unités du système métrique, en remplacement des unités de mesure du système impérial : le « grain » et le « drachm » qui correspondaient à l'origine, le premier au poids d'un grain de blé séché, le second au poids de l'ancienne pièce de monnaie grecque, la drachme.

*
* *

La nouvelle centrale thermique d'Escatrón, sur les bords de l'Ebre (province de Saragosse), vient d'être mise en service. Le combustible utilisé est le lignite pulvérisé pour la production de vapeur à 80 kg/cm², pression utilisée pour la première fois dans le fonctionnement d'une centrale espagnole. L'installation comprend déjà deux groupes de 25 000 kW chacun qui fonctionnent sur 10 000 V, de nouveaux groupes devant être ultérieurement installés. Deux lignes à 130 000 et 110 000 V relient cette centrale à Saragosse et à la province de Catalogne.

Une peinture applicable sur les surfaces humides

L'« Arcotone Vel-Lure », produit de fabrication américaine, est une peinture applicable directement sur les surfaces humides. Composée d'une émulsion à base de polymères, contenant une proportion élevée de latex qui contribue à former une couche de vapeur imperméable à l'eau, cette peinture s'applique avec succès sur presque tous les revêtements utilisés dans l'industrie du bâtiment : plâtre, maçonnerie, béton, bois, métaux peints ou non, papier. Cette peinture est en outre mentionnée comme séchant très rapidement, résistant à l'humidité et aux actions chimiques, résistante, lavable et ne retenant pas les poussières.

*
* *

La Nature *a déjà signalé le développement de nouvelles techniques permettant de traiter, par des méthodes relevant de l'hydrométallurgie, les concentrés de cuivre, de nickel et de cobalt obtenus dans les laveries de minerais. Ces méthodes conduisent à l'obtention des oxydes correspondants. Leur réduction en atmosphère gazeuse conduit à l'obtention des métaux à l'état de poudre de haute pureté. Des installations utilisant ces méthodes fonctionnent depuis 1952 à la mine Blackbird dans l'Utah ; deux autres sont en construction : l'une à Fredericktown dans le Missouri, l'autre à la mine Sherritt-Gordon, au Canada.*

*
* *

D'après le Bulletin d'information de la laine, *les vétérinaires étudient actuellement une mystérieuse maladie des moutons de la région de Caliente (Nevada), que certains attribuent aux expériences atomiques. Les agneaux nés dernièrement étaient anormalement petits et plusieurs sont morts peu de temps après leur naissance.*

*
* *

Des travaux récents auraient montré que des associations d'aluminium et d'antimoine présenteraient des propriétés électriques semi-conductrices qui pourraient être utilisées en électronique pour le montage de transistors et de redresseurs de courant. Ces produits seraient supérieurs au germanium et au silicium dans certaines applications.

LA NATURE

Revue mensuelle

DUNOD, Éditeur

92, rue Bonaparte, PARIS-6e

C. C. P. Paris 75-45 — Tél. DAN. 99-15

ABONNEMENTS 1953

France et Union f^se : **un an : 2000 francs** **six mois : 1 000 francs**

Etranger (sauf Belgique et Luxembourg) :

un an : 2 500 francs **six mois : 1 250 francs**

Belgique et Luxembourg :

un an : 325 f belges **six mois : 163 f belges**

Changement d'adresse : 30 F en timbres-poste français ou l'équivalent en monnaie étrangère

N° 3221 Septembre 1953

LA NATURE

Progrès récents de la photographie sous-marine

La photographie sous-marine se trouve actuellement en plein essor, à tel point que des manuels de photographie sous-marine paraissent en librairie et qu'une industrie photographique sous-marine se crée. Les raisons de cet essor sont nombreuses et variées. Les unes sont de caractère pourrait-on dire social. C'est tout d'abord l'attrait exercé sur les humains par la plongée sous-marine, en tant que mode d'exploration d'un univers presque inconnu, et aussi en tant qu'exploit sportif encore assez inédit. C'est ensuite la vive émulation qui a rapidement pris naissance entre les photographes sous-marins, émulation qui malheureusement les partage en groupes parfois hostiles mais qui en revanche les pousse tous à réaliser des progrès incessants. C'est enfin l'intérêt que de nombreux savants portent au puissant moyen d'étude que pourrait constituer la photographie sous-marine. Il convient de ne pas oublier, à ce propos, que les premiers clichés sous-marins furent réalisés en 1893 par un maître de conférences de la Faculté des Sciences de Paris, Louis Boutan, avec le concours du Laboratoire de biologie marine Arago, à Banyuls-sur-mer.

Actuellement, il semblerait que la tendance de la photographie sous-marine soit surtout au « sensationnel » : requins, pieuvres, épaves, etc. Mais une fois les sujets à sensation épuisés, ce qui probablement ne tardera pas, et une fois la technique des prises de vues sous-marines définitivement mise au point, il est possible que la photographie sous-marine revienne au but initial que lui avait assigné Louis Boutan, à savoir la recherche scientifique.

Mais les raisons les plus apparentes de cette vogue sont de caractère technique. Faisant intervenir simultanément diverses techniques, la photographie sous-marine profite en effet des progrès réalisés dans chacune de celles-ci. Elle utilise tout d'abord la technique de la plongée, qui a fait des progrès énormes tant en ce qui concerne les appareils étanches non autonomes comme la bathysphère de William Beebe ou le benthoscope d'Otis Barton (il est amusant de comparer ces appareils au cylindre en verre représenté dans la figure 1), qu'en ce qui concerne les scaphandres autonomes, dont le premier fut réalisé dès 1865 par Rouquayrol et Denayrouse, puis perfectionné successivement par Le Prieur, Commeinhes, Cousteau et Gagnan. Le scaphandre autonome moderne, qui véritablement identifie l'homme aux poissons, constitue aux profondeurs comprises entre 10 et 50 m l'outil le plus précieux du photographe sous-marin.

La photographie sous-marine utilise également la technique de la photographie tout court, qui elle aussi a fait des progrès considérables depuis le début de ce siècle. La diminution de l'encombrement des appareils a permis la réalisation d'appareils de prises de vues sous-marins facilement maniables, et il est instructif à ce propos de comparer l'un des appareils de Louis Boutan (fig. 2), qu'il fallait souvent alléger au moyen d'un tonneau vide (fig. 3) pour le déplacer, aux appareils de petit format utilisés actuellement. Il est probable que la télévision sous-marine bénéficiera prochainement d'une diminution d'encombrement analogue et que les énormes caissons utilisés actuellement aux faibles profondeurs, et maniés par des scaphandriers autonomes, feront place à un matériel de dimensions réduites.



Fig. 1. — *Gravure orientale représentant une plongée dans un cylindre de verre (vers la fin du XVIe siècle).*

D'autre part, l'augmentation de l'ouverture des objectifs et de la sensibilité des émulsions permet désormais de prendre

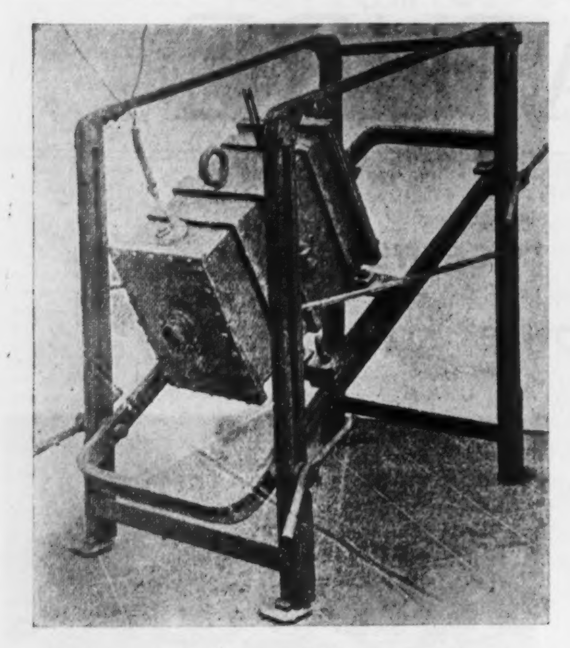


Fig. 2 — *Le troisième appareil pour prises de vues sous-marines 18×24, réalisé par Louis Boutan vers 1898.*

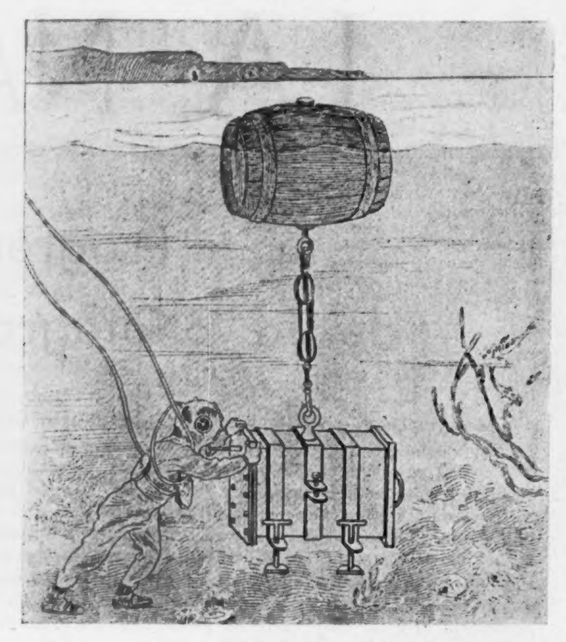


Fig. 3. — *L'appareil de Boutan, soutenu par un tonneau, est manœuvré par un scaphandrier.*

des instantanés en noir et blanc à 40 m de fond à la seule lumière solaire (dont la proportion subsistant à ces profondeurs est pourtant généralement inférieure à 5 pour 100), alors que les premiers clichés de Louis Boutan ont parfois nécessité plus de 10 mn de pose. De plus de nouveaux révélateurs permettent de sous-exposer notablement les films noir et blanc, et de procéder à $f/6,3$ et au 100° jusqu'à 50 m de fond. C'est dans ces conditions que furent prises les photographies des figures 5, 6 et 8, ainsi que la photographie de la couverture de cette revue.

Enfin, les progrès accomplis dans la technique de la photographie en couleurs permettent depuis une vingtaine d'années de saisir les belles teintes vert bleuté observés dès quelques mètres de fond, et dues à la forte sélectivité de l'absorption des radiations visibles par l'eau. Toutefois de tels clichés ne peuvent être pris à la seule lumière solaire qu'à des profondeurs inférieures à une dizaine de mètres, par suite de la sensibilité encore faible des émulsions couleur et de la nécessité de les exposer correctement.

Les prises de vues sous-marines utilisent également la technique de l'éclairage artificiel, qui d'une part devient nécessaire au delà des profondeurs atteintes par le scaphandre autonome, la proportion de lumière solaire y parvenant étant trop faible (0,05 pour 100 à 150 m de profondeur, dans les eaux les plus claires) et qui, d'autre part, dès quelques mètres de fond, constitue le seul moyen de saisir les véritables couleurs de la flore et de la faune sous-marines. Là encore, pour mesurer les progrès accomplis, on peut comparer la lampe à fil de magnésium en atmosphère d'oxygène utilisée par Louis Boutan à la fin du siècle dernier (fig. 4) au flash électronique sous-marin de Rebikoff, baptisé « torpille » (fig. 5 et figure de couverture) fournissant sans recharge 3 000 éclairs de 6 600 lumens-seconde, et ayant permis à son inventeur de réaliser les belles photographies sous-marines en couleurs qu'on a vu paraître dernièrement. Parallèlement, les Américains Ewing, Vine et Worzel ont pu photographier, il y a déjà plus d'une dizaine d'années, au moyen d'un flash au magnésium le fond de la mer, jusqu'à des profondeurs atteignant presque 5 000 m. Les résultats furent d'ailleurs assez décevants, la probabilité de saisir dans le champ de l'appareil un animal intéressant étant infime. Il est probable que la photographie sous-marine aux grandes profondeurs ne fournira des documents précieux que le jour où elle sera couplée avec la télévision sous-marine qui, elle, permettra de saisir l'instant où un animal abyssal passera dans le champ de l'objectif.

Ainsi donc, la photographie sous-marine a profité simultanément des progrès accomplis dans la technique de la plongée, celle de la photographie et celle de l'éclairage artificiel. Mais, et c'est ce qui leur confère plus d'intérêt aux yeux des chercheurs, les prises de vues sous-marines ne constituent pas une simple combinaison de techniques utilisées ailleurs. Elles ont en effet soulevé des problèmes optiques qui leur sont propres, qui donnent lieu actuellement à des recherches spécialement et uniquement destinées à la pho-

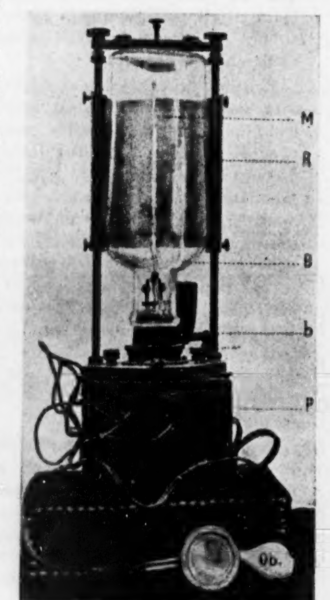


Fig. 4. — ***Lampe à fil de magnésium en atmosphère d'oxygène, réalisée pour Boutan par un électricien de ses amis.***

La combustion du fil de magnésium M était déclenchée par un fil de platine relié aux deux bornes de la pile P ; l'engin avait malheureusement tendance à exploser.



Fig. 5. — *Prises de vues sur une épave, par 25 m de fond, avec le flash électronique de Rebikoff.*
(*Photo* H. Broussard).

tographie sous-marine, recherches ayant déjà abouti à des résultats tangibles.

Toute image optique, et en particulier celle formée sur la plaque sensible d'un appareil de prises de vues, peut être considérée sous deux aspects : d'une part un aspect pourrait-on dire géométrique, consistant en ce que l'image est plus ou moins géométriquement semblable à l'objet, et d'autre part un aspect pourrait-on dire énergétique, consistant en ce que la répartition des éclairements dans les limites de l'image est plus ou moins contrastée et apte à nous donner une idée exacte de l'objet. La qualité géométrique de l'image dépend du système optique qui forme cette image. Sa qualité énergétique dépend, abstraction faite des modifications que peuvent introduire la plaque sensible et son traitement, de l'éclairage de l'objet et des propriétés absorbantes et diffusantes du milieu interposé entre l'objet et l'appareil de prises de vues. Il s'ensuit que les recherches optiques soulevées par la photographie sous-marine ont été de deux sortes : d'une part des recherches concernant les systèmes optiques à utiliser dans l'eau, et d'autre part des recherches concernant l'effet des propriétés optiques de l'eau de mer en photographie sous-marine.

En ce qui concerne les propriétés optiques de l'eau de mer, de nombreuses recherches avaient déjà été effectuées par les océanographes, car le problème de la pénétration de la lumière dans l'eau a depuis longtemps intéressé les biologistes. Mais ces mesures se limitaient généralement à étudier l'éclairement sous-marin en fonction de la profondeur, de la longueur d'onde des radiations considérées, de la position du soleil, etc. Ces recherches ont été certes très utiles pour les photographes sous-marins, mais elles étaient insuffisantes, car ce qui importe plus particulièrement en photographie ce sont les contrastes obtenus. On a bien cherché à déterminer ces derniers par le calcul, à partir de la connaissance des coefficients d'absorption et de diffusion de l'eau de mer, mais l'étude des propriétés optiques de l'eau étant mathématiquement très complexe, on a été obligé de faire des hypothèses simplificatrices, qui conduisent à des résultats grossièrement approchés.

Une étude expérimentale systématique des contrastes obtenus en photographie sous-marine était donc nécessaire. Elle fut entreprise pour la première fois l'année dernière par les Britanniques W. D. Chesterman et J. B. Collins. Ceux-ci utilisèrent un test immergé constitué par un panneau peint en sept bandes allant progressivement du blanc jusqu'au noir. Un scaphandrier autonome filmait ce test à une profondeur donnée et à diverses distances, et on mesurait sur la pellicule le contraste obtenu entre chacune des bandes et l'entourage du panneau, c'est-à-dire la pleine eau. Ces mesures ne constituent évidemment qu'un début et sont à poursuivre méthodiquement. Mais déjà il apparaît que les prises de vues sont conditionnées par les propriétés optiques de l'eau de mer, à savoir d'une part l'absorption de la lumière par l'eau, qui conduit à utiliser de grandes ouvertures et entraîne par conséquent une diminution du champ en profondeur, et d'autre part la diffusion de la lumière par l'eau, qui donne naissance à un voile lumineux interposé entre le sujet à photographier et l'objectif, et entraîne par conséquent une diminution des contrastes. Ce sont les raisons pour lesquelles les photographes sous-marins ont été conduits à utiliser de plus en plus des objectifs de courte focale, qui d'une part donnent à ouverture égale une profondeur de champ plus grande, et qui d'autre part permettent de se rapprocher du sujet et de diminuer ainsi l'épaisseur de la couche d'eau diffusante interposée entre ce sujet et l'objectif.

En ce qui concerne enfin les systèmes optiques utilisés lors de prises de vues sous-marines, le plus simple et le moins onéreux est le hublot à verre plan, disposé devant un objectif ordinaire (mais autant que possible de courte focale comme nous venons de le voir) afin de mettre celui-ci à l'abri de l'eau. Ce procédé, déjà utilisé par Louis Boutan en 1893, présente toutefois d'assez graves inconvénients. Par suite de la présence du hublot à verre plan il se forme en effet devant l'objectif un dioptre plan eau-air qui, comme on le sait, fournit d'un objet immergé une image de mêmes dimensions que l'objet mais rapprochée dans un rapport voisin de 4/3, image qui sert d'objet à l'objectif. Il s'ensuit d'une part que le champ en profondeur se trouve diminué (par suite du rapprochement apparent des objets), et d'autre part que le champ angulaire est également diminué (dans un rapport de l'ordre de 4/3, puisque l'image fournie par le dioptre plan apparaît à l'objectif sous un angle sensiblement égal aux 4/3 de celui sous lequel lui apparaîtrait l'objet lui-même). En gros on peut dire que la présence du hublot à verre plan a les mêmes effets qu'une augmentation de la longueur focale de l'objectif égale au tiers de sa valeur, si bien que les objectifs de courte focale précédés d'un hublot à verre plan ne fournissaient guère les résultats escomptés. De plus le hublot à verre plan introduit à la périphérie du champ des aberrations nuisibles à la qualité de l'image.

L'inconvénient le plus apparent du hublot à verre plan étant la diminution du champ angulaire, ce fut le premier à attirer l'attention des chercheurs. En 1932 l'Américain F. W. Jackman proposa de disposer entre le hublot à verre plan et l'objectif une lentille divergente additionnelle permettant de rapetisser l'image fournie par le dioptre plan, et d'augmenter ainsi le champ angulaire. Malheureusement une telle lentille non seu-



Fig. 6. — *Bernard-l'hermite, photographié avec hublot correcteur spécial pour vue rapprochée.*
(*Photo* A. Ivanoff).

lement rapetisse l'image, mais de plus la raproche à 20 ou 30 cm de l'objectif. Les appareils de prise de vues courants ne permettant pas de mettre au point sur des distances aussi faibles, la lentille additionnelle de Jackman n'est guère passée dans la pratique.

En 1950, l'Américain E. M. Thorndike proposa un hublot constitué par un ménisque à faces concentriques tournant sa concavité vers l'objectif. L'image fournie par un tel hublot se trouvant très près de l'objectif (comme dans le dispositif de Jackman), Thorndike disposa entre son hublot à faces concentriques et l'objectif une lentille convergente permettant d'éloigner l'image. Il obtint ainsi un champ de netteté satisfaisante de l'ordre de 60°, mais à $f/22$ seulement, ce qui est impraticable en photographie sous-marine. Une seconde solution proposée par Thorndike consiste à disposer derrière le hublot à faces concentriques un objectif spécialement conçu à cet effet, ce qui lui a permis d'obtenir un champ angulaire total de l'ordre de 75°, mais à $f/11$ seulement, et avec une distorsion notable.

Ce dernier ensemble de Thorndike constitue en somme un objectif spécial pour photographie sous-marine, et nous abordons là une manière toute différente d'envisager le problème, qui n'est pas dénuée d'intérêt. En effet, au lieu d'utiliser un objectif photographique ordinaire précédé d'un hublot, il est certain que la façon la plus radicale de résoudre le problème est de calculer un objectif photographique de courte focale spécial, dont la face avant formerait hublot. E. M. Thorndike a abouti à un tel objectif en partant d'un hublot à faces concentriques, mais il n'y a évidemment aucune nécessité que la lentille frontale soit un ménisque à faces concentriques.

M[lle] C. Maureau a considéré le problème dans toute sa généralité, et a abordé le calcul des objectifs pour photographie sous-marine en suivant en gros le plan du calcul des objectifs pour photographie dans l'air. C'est ainsi qu'elle a tout d'abord calculé un objectif constitué par un simple ménisque à diaphragme avant (analogue à l'objectif de Wollaston) puis un objectif constitué par un doublet à diaphragme avant également (analogue au demi-aplanat). Arrivée au triplet, elle n'a pu qu'amorcer le calcul, devenu extrêmement complexe. Il est probable que le problème ne sera entièrement résolu que le jour où un industriel y consacrera une équipe d'ingénieurs et de calculateurs. Nous aurons alors à notre disposition des anastigmats de courte focale pour photographie sous-marine... qui coûteront vraisemblablement très cher. D'autre part, ces objectifs spéciaux seront solidaires du caisson étanche (puisque leur face avant constituera hublot) et nécessiteront par conséquent une mise au point par déplacement de la pellicule, ce qui actuellement n'est le cas d'aucun appareil photographique de petit format.

On en arrive ainsi à la nécessité de tout un appareil photographique spécial pour prises de vues sous-marines, et c'est peut-être à cette solution que l'on aboutira finalement, si l'industrie photographique sous-marine prend un développement suffisant. Un tel appareil ne devra d'ailleurs pas être nécessairement étanche. Dès la fin du XIX[e] siècle, Louis Boutan a pris des clichés sous-marins au moyen d'un appareil non étanche, et a observé que le contact de la plaque sensible avec l'eau salée ne présentait pas d'inconvénients majeurs. Un appareil photographique fonctionnant entièrement dans l'eau constituerait évidemment la solution idéale pour les prises de vues sous-marines à grande profondeur, la construction des caissons étanches devenant dans ce cas très onéreuse. Mais l'objectif devra alors être conçu de façon à travailler entièrement dans l'eau, ce qui est encore un autre problème. Mais quittons le domaine des anticipations.

En 1951 le hublot à verre plan fut avantageusement remplacé par un hublot correcteur à deux lentilles, imaginé par A. Ivanoff, Y. Le Grand et P. Cuvier (fig. 7). Ce hublot correcteur fournit une image apparaissant sous le même angle que l'objet, et pratiquement située à la même distance que l'objet. Il permet donc d'une part de conserver intégralement, lors de prises

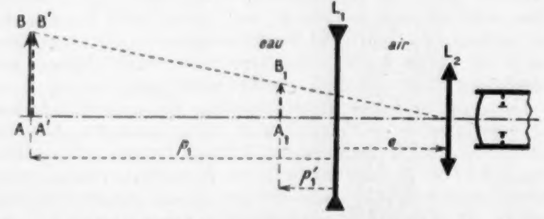


Fig. 7. — *Schéma du hublot correcteur d'Ivanoff, Le Grand et Cuvier.*
Le hublot correcteur se compose de deux lentilles L_1 et L_2, la première constituant le hublot proprement dit. La convergence de la lentille L_1 et la distance *e* entre les deux lentilles L_1 et L_2 sont choisies en sorte que la lentille L_1 fournisse d'un objet immergé AB une image A_1B_1 apparaissant au sommet de la lentille L_2 sous le même angle que l'objet AB. Dans ces conditions, la lentille L_2 fournit de cette image intermédiaire A_1B_1 une image finale A'B' apparaissant sous le même angle que l'objet AB. De plus, la convergence de la lentille L_2 est choisie en sorte que cette image finale A'B' se forme dans le plan de l'objet AB, et lui soit donc superposée. Étant donné que cette image finale A'B', confondue avec l'objet AB, sert d'objet à l'objectif de prise de vues, tout se passe pour ce dernier comme si l'objet AB se trouvait dans l'air.



Fig. 8. — *Oursin, photographié avec hublot correcteur spécial pour vue rapprochée.*
(*Photo* A. Ivanoff).

de vues sous-marines, le champ angulaire propre à l'objectif, et d'autre part, pour un objectif donné et une ouverture donnée, fournit une profondeur de champ beaucoup plus g r a n d e que le hublot à verre plan : par exemple, dans le cas de la photographie 24 × 36, un objectif de 35 mm ouvert à $f/6,3$ donne à 3 m de distance une profondeur de champ allant de 2,2 m à 4,9 m avec un hublot à verre plan, et une profondeur de champ allant de 1,8 m à 9 m avec un hublot correcteur. De plus le hublot correcteur se trouve corrigé des principales aberrations. Joint à un objectif de courte focale, il a permis d'obtenir d'excellents résultats tant au point de vue champ en profondeur qu'au point de vue champ en largeur (fig. 5 et figure de la couverture). Légèrement modifié il permet de prendre des vues à moins de 30 cm de distance (fig. 6 et 8) avec plus de succès qu'un hublot à verre plan suivi d'une bonnette d'approche, et il constituera peut-être ainsi un précieux outil pour les biologistes marins.

Avant de terminer ce bref aperçu des progrès réalisés en photographie sous-marine, je voudrais signaler à l'attention des lecteurs la fondation, en 1952, d'un Institut de recherches sous-marines, sous la présidence du commandant Le Prieur, pionnier du scaphandre autonome et du tourisme sous-marin. L'I.R.S.M. réunit plusieurs techniciens des prises de vues sous-marines, tels que H. Broussard, vice-président du Club Alpin Sous-Marin et pionnier de la photographie sous-marine, D. Rebikoff, réalisateur du flash électronique sous-marin, de Wouters, réalisateur d'appareils pour prises de vues sous-marines stéréoscopiques, Y. Le Grand et l'auteur, inventeurs du hublot correcteur, etc. Non seulement les photographes sous-marins mais aussi tous ceux qui s'intéressent sous quelque angle que ce soit au monde sous-marin sont cordialement invités à prendre contact avec l'I.R.S.M.

Alexandre Ivanoff,
Professeur à l'École supérieure de Physique et de Chimie,
Sous-directeur de laboratoire au Muséum

Sphères étanches à 1 000 atmosphères

La Nature a déjà parlé de l'expédition de la frégate danoise *Galathea* effectuée autour du monde en 1950-1952 sous la direction du docteur Bruun, de Copenhague. Son but était d'explorer les plus grandes profondeurs marines au moyen de toutes les nouvelles techniques mises au point en ces dernières années. Elle pratiqua les opérations océanographiques les plus diverses jusqu'à 10 500 m, c'est-à-dire sous 1 000 atmosphères de pression. Pour cela, il lui fallut immerger des sphères métalliques creuses, enfermant des instruments enregistreurs, dont les parois et les joints devaient résister à de telles pressions. C'est dire les multiples problèmes de construction qu'il fallut résoudre.

Les descentes d'appareils enfermés à l'abri de l'eau sont des opérations courantes à bord des navires de recherches océanographiques jusque vers 1 000 m de profondeur et l'on sait que l'homme lui-même s'est aventuré jusque-là dans la bathysphere de William Beebe et de Barton. Beaucoup de ces navires ont des treuils équipés de 3 000 m de câble auquel on suspend thermomètres, bouteilles à eau, sondeurs et carottiers de fonds, dragues et engins de pêche. Plus bas, les données deviennent bien plus rares; les opérations ne sont possibles que par beau temps et calme absolu; elles exigent beaucoup de temps pour descendre et remonter les instruments de mesures ou de prises; les appareils enregistreurs fonctionnant dans l'air doivent être enfermés dans des enveloppes très épaisses pour qu'elles ne soient pas écrasées par la pression, aux joints très soignés pour ne pas fuir; les poids nécessitent des câbles plus gros, plus lourds, des tambours de treuil plus encombrants, des treuils plus puissants et rapides. Au delà de 5 000 m, seules quelques rares mesures ont été faites en plus des sondages. Les plus grandes fosses océaniques étaient donc restées presque vierges et même ne sont géographiquement connues qu'avec assez peu de précision.

La *Galathea*, pour y atteindre, a dû innover et réaliser toute une série de dispositifs spéciaux. Elle ouvre ainsi la voie aux expéditions futures.

Il est possible aujourd'hui d'indiquer la solution choisie pour un des plus difficiles problèmes techniques : l'étanchéité

sous très grandes pressions. Elle était nécessaire pour étudier les variations du champ magnétique terrestre au-dessous de la surface des mers, qui conditionnent les théories récentes des géophysiciens sur la question. Elle vient de paraître dans *Nature*, de Londres (1), sous les signatures de ceux qui s'en occupèrent : M. Niels Arley, de l'Institut physique de Copenhague qui la conçut, MM. Paul Bergsöe et fils qui préparèrent un alliage nouveau, très résistant et non magnétique, MM. Burmeister et Wain qui le mirent en œuvre dans leurs chantiers navals, MM. Paul Andreasen et Jörgen Espersen, de l'Institut de recherches géophysiques, et Johannes Olsen, de l'Institut météorologique, qui firent les mesures à la mer.

Les magnétomètres de très haute précision devaient être enfermés dans une enveloppe étanche et indéformable, loin de toute masse de métal magnétique (ce qui excluait le fer); la capacité de l'enveloppe devait être suffisante pour loger l'aiguille aimantée, verticale ou horizontale, les amplificateurs électroniques et le dispositif d'enregistrement photographique sur film. Cela conduisit à réaliser une sphère creuse, en deux calottes jointives, de 50 cm de diamètre intérieur, de 10 cm d'épaisseur, pesant 1 100 kg.

Un autre magnétomètre plus complexe, enregistrant simultanément les deux composantes, nécessitait une enveloppe en forme d'haltère, haute de 2,70 m et pesant 1 700 kg; deux sphères creuses de 50 cm de diamètre intérieur et 8 cm d'épaisseur y sont reliées par un tube cylindrique long d'un mètre, large de 5 cm, épais de 3.

Il est très peu d'alliages non ferreux résistant à des pressions de 1 000 atmosphères. Seul, un alliage d'aluminium, l' « Hiduminium RR 77 » avait tenu et il présentait l'inconvénient de ne pouvoir être coulé, de se travailler seulement à la forge. MM. Bergsöe réussirent un nouvel alliage exempt de fer, un bronze de manganèse à haute teneur en aluminium, d'une densité de 8,1, de résistance, d'élasticité, de perméabilité magnétique satisfaisantes, pouvant être coulé.

MM. Burmeister et Wain le mirent en œuvre et en firent les demi-sphères dont nous venons de parler. Pour les assembler, on renonça aux joints classiques, défectueux quand la pression augmente beaucoup, et, s'inspirant de l'expérience acquise dans les moteurs Diesel, on rapprocha par simple contact les surfaces équatoriales polies aussi parfaitement que possible.

La double sphère en haltère a été descendue quatre fois jusqu'à une profondeur maximale de 6 900 m et a été remontée étanche, sans une goutte d'eau à l'intérieur. La sphère simple a été immergée 29 fois, et jusquà 10 000 m dans la fosse des Philippines; les premières fois, de l'eau y pénétra; on reconnut des défauts de coulée du métal qui se colmatèrent peu à peu et un défaut de planéité des surfaces en contact, mais le temps manqua pour y remédier; on finit par n'avoir qu'un suintement de 40 cm³ d'eau, après descente à 5 000 m.

La sphère simple, descendue à 10 000 m, puis remontée, eut son diamètre réduit de 0,04 mm. La sphère double, descendue à 6 900 m, y perdit 1,2 mm de diamètre; remontée, elle corrigea par élasticité une grande partie de sa contraction par compression et ne perdit définitivement que 0,01 mm.

Malheureusement, le programme des recherches de l'expédition était si chargé et le voyage tout entier si bref que 270 heures seulement purent être consacrées aux mesures magnétiques. Le programme prévu dans le Pacifique central ne put être exécuté, si bien que les données recueillies ne permettront probablement pas de fixer le gradient vertical du champ magnétique qu'on voulait mesurer, compte tenu des effets perturbateurs du fond. Mais la *Galathea* a ouvert la voie à l'océanographie des grandes profondeurs en montrant qu'on y peut descendre des cavités closes et étanches où l'on placera des enregistreurs de toutes sortes; plus même, elle a prouvé qu'on dispose de matériaux et de systèmes d'assemblage supportant 1 000 atmosphères et cela est fort intéressant pour toutes sortes de techniques à très hautes pressions, des moteurs atomiques aux fusées, de la métallurgie aux réfractaires, des conduites forcées aux synthèses organiques, sans parler des projets de descente à très grandes profondeurs actuellement caressés par quelques inventeurs.

A. B.

1. Niels Arley et collaborateurs. *Nature*, n° 4348, 1953, p. 383 et 384.

L'utilisation des « cendres folles »

Le chauffage au charbon pulvérisé se développe continuellement ; il est devenu courant dans les centrales électriques thermiques. Il en résulte la production d'une quantité considérable de cendres légères dénommées généralement « cendres folles ». Elles sont recueillies par des séparateurs mécaniques ou des dispositifs de précipitation électro-statique.

Le tonnage de plus en plus important de cendres folles ainsi produit pose le problème de leur évacuation et celui de la possibilité d'un emploi rémunérateur. Cette question a été examinée par le « Bureau of Mines » des États-Unis qui vient de publier une étude sur l'utilisation des cendres folles.

Les cendres grossières ont été employées dans des bétons et pour la fabrication d'agglomérés. Des jardiniers les ont mélangées à des sols argileux pour améliorer leur structure physique et leur perméabilité. On a constaté d'autre part que beaucoup de ces cendres folles avaient les propriétés d'une pouzzolane de bonne qualité, ce qui a conduit dans certains cas à les substituer en une certaine proportion au ciment dans des mélanges pour béton.

L'édification du grand barrage du Hungry Horse, dans le Montana, a consommé une importante quantité de cendres folles provenant de l'Illinois, qui ont remplacé partiellement le ciment Portland dans le béton. On a ainsi réduit le prix de revient sans altérer les propriétés mécaniques. On a utilisé également des cendres folles comme charge dans des revêtements au bitume. D'autres usages possibles sont actuellement étudiés pour les noyaux de fonderie de métaux et alliages non ferreux, le soufflage au sable, et aussi en charge pour les engrais et comme substitut de la pierre ponce.

La métallisation des plastiques

Un procédé chimique n'ayant aucun recours à l'électrolyse a été mis au point par le National Bureau of Standards des États-Unis pour l'obtention de dépôts métalliques, en particulier de nickel, sur des pièces en plastiques.

Le revêtement obtenu est dur, uniforme, même pour des pièces de formes compliquées et il est exempt de porosité. Il s'applique de préférence à des plastiques thermodurcissables (afin d'éviter des déformations possibles par les résines fusibles). Les pièces en plastiques métallisées peuvent avoir des débouchés très divers.

Cette technique de métallisation connue sous le nom de procédé Kanigen est basée sur la réduction d'un sel de nickel par un hypophosphite. Elle est protégée par des brevets appartenant au gouvernement des États-Unis.

Le sélénium dans les ... aciers

Dans notre article sur le sélénium (*La Nature*, n° 3219, juillet 1953, p. 207, on pouvait lire (2e colonne, 3e ligne) : « ... L'introduction de faibles proportions du métalloïde dans certains *acides* améliore leur facilité d'usinage... ». Nos lecteurs auront certainement compris qu'il s'agissait de certains *aciers*, et non d'acides ! La Rédaction s'excuse d'avoir laissé subsister cette « coquille ».

Les compteurs de particules

Les corps radioactifs naturels ou artificiels émettent, comme on le sait, des particules ionisantes; c'est grâce à l'ionisation ainsi produite qu'on peut les détecter, les localiser, les identifier et les doser. Citons, parmi les particules ionisantes : les électrons positifs et négatifs, les protons, les mésons, les deutérons (noyaux de deutérium ou hydrogène lourd), les particules α (noyaux d'hélium), etc.

Le premier détecteur de particules fut la plaque photographique. Becquerel en 1896 découvrit la radioactivité en interprétant le noircissement d'une plaque photographique par un fragment de minerai contenant de l'uranium. Tout récemment encore, Powell et Bristol ont découvert par cette méthode des particules nouvelles, plusieurs types de mésons, en étudiant au microscope leur sillage d'ionisation dans l'émulsion des plaques photographiques. Ce premier mode de détection n'est donc pas démodé et il sert beaucoup dans l'étude des rayons cosmiques, mais il n'est utilisable que dans les cas où l'intensité du rayonnement est inférieure à une fonction du pouvoir séparateur de la plaque. D'autres types de détecteurs se prêtent mieux à l'expérimentation dans des conditions plus variées.

Certains détecteurs utilisent l'ionisation dans un gaz. Dans la chambre de Wilson, les trajectoires des particules ionisantes sont rendues visibles. Mais l'appareil n'est pas prêt aussitôt pour enregistrer le passage d'une nouvelle particule. Aux appareils doués de ce pouvoir on réserve le nom de compteurs; ils mettent à profit le courant électrique pour recueillir, en les séparant par une différence de potentiel, les charges de signe opposé créées par l'ionisation dans le gaz.

Ces compteurs de particules, qui ont vu le jour en 1908, ont prodigieusement favorisé l'emploi des radioisotopes naturels et artificiels dans les champs les plus divers de la recherche. Le premier appareil de Rutherford et Geiger fut employé pour amplifier l'effet de l'ionisation causée par des particules α traversant un gaz : trois à cinq particules α pénétrant par minute dans le détecteur donnaient naissance à des impulsions de courant détectables avec un électromètre. Ce principe n'a pas varié, bien que des centaines de types plus ou moins perfectionnés aient vu le jour depuis ce premier compteur.

Qu'est-ce qu'un compteur ? C'est une disposition particulière d'électrodes et de gaz, et tout peut en principe servir à compter, témoin l'exemple que l'on aime citer d'un laboratoire qui a employé comme compteur une cuiller et une fourchette soumises à une différence de potentiel, et suspendues dans l'air ! Le type le plus courant de compteur employé actuellement consiste en un cylindre creux, conducteur, ayant en son axe un fil métallique, de tungstène ou de molybdène le plus souvent; ce cylindre est fermé aux deux extrémités par des bouchons isolants que traverse le fil; à l'intérieur de ce cylindre, il y a un gaz ou un mélange de gaz à une pression déterminée. L'appareil connecté à un circuit électronique, est schématisé dans la figure 1, représentant l'ensemble compteur et circuit. En principe, le fil ou anode est porté par l'intermédiaire de ce circuit à un potentiel positif, le cylindre ou cathode est relié à la terre ou à un potentiel négatif. Comme on le voit, l'ensemble revient à créer un champ électrique dans un gaz, compris entre deux électrodes; la forme et les caractéristiques du champ, définies par les lignes de force, étant fonctions de la forme et de la géométrie des électrodes en même temps que de la différence de potentiel appliquée.

Que va-t-il se passer si une particule ionisante traverse un tel compteur ? Les principales particules ionisantes qui nous intéressent sont les électrons positifs et négatifs, les photons, les rayons X et γ, les mésons ou rayons cosmiques; toutes ces particules douées d'énergie se distinguent par les phénomènes liés à leur parcours. On peut en effet imaginer que le parcours sera fonction de l'énergie de la particule, c'est-à-dire de sa masse et de sa vitesse; les effets produits sur les atomes ou les molécules de gaz rencontrés varieront avec cette énergie; ces effets sont les phénomènes d'ionisation, ou processus d'arrachement électronique à des atomes primitivement neutres. Si une particule quelconque traverse le gaz à l'intérieur du compteur, elle va ioniser les atomes ou les molécules du gaz, selon son énergie et sa nature. Un atome ainsi ionisé est décomposé en deux fragments très inégaux : un fragment léger qui est l'électron arraché, et un fragment lourd, l'atome privé d'un électron et devenu ainsi porteur d'une charge électrique positive.

Ces deux fragments de masses très différentes, porteurs de charges électriques opposées, vont se comporter différemment dans le champ électrique où ils se trouvent créés. L'électron négatif va se diriger à une grande vitesse vers le fil positif, ionisant sur son passage plus ou moins d'atomes, produisant donc de nouveaux électrons qui se précipitent à leur tour vers le fil. C'est l'arrivée de tous ces électrons sur le fil, équivalente à un courant électrique, qui va être enregistrée et amplifiée par les appareils électroniques : le passage de la particule aura été ainsi enregistré, compté. Quant aux ions positifs, ils se dirigent au contraire vers le cylindre métallique porté à un potentiel négatif, où ils vont se décharger pour repartir, redevenus atomes neutres, vers le gaz qui de cette façon se régénère pour un nouveau comptage.

Ainsi se résume la théorie simple du fonctionnement d'un compteur et pratiquement tous les compteurs fonctionnent d'après ces principes. D'où viennent alors les différences qui font que des compteurs de particules portent le nom de chambres d'ionisation, de compteurs proportionnels, de compteurs de Geiger, de compteurs à scintillations, etc. ? Pour le comprendre il est nécessaire d'entrer un peu dans les détails de fonctionnement.

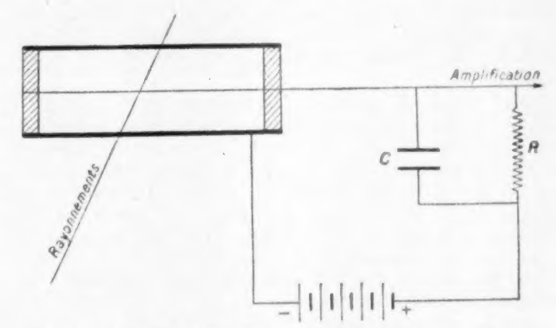


Fig. 1. — Schéma de principe d'un compteur de particules.

Tout d'abord, nous avons dit qu'il existait entre le fil et le cylindre une certaine différence de potentiel, mais nous n'avons pas dit l'importance de cette différence de potentiel appliquée, et notre description grossière des phénomènes intérieurs au compteur ne faisait pas intervenir la valeur de cette différence de potentiel. Or les phénomènes observés seront bien différents selon que cette tension sera de 10 V ou de 2 000 V. Il est donc intéressant de voir rapidement ce qui va se passer à l'intérieur d'un compteur quand nous ferons varier progressivement cette tension.

Pour les valeurs faibles de la tension, on a affaire à une chambre d'ionisation, dans laquelle des électrons produits dans le volume du compteur sont précipités par le champ vers

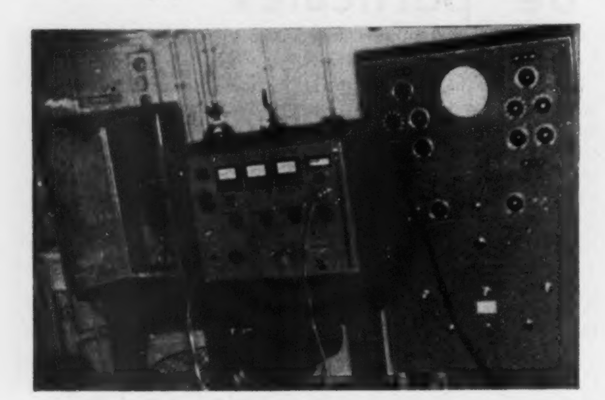


Fig. 2. — *Ensemble pour l'étude du fonctionnement d'un compteur de particules.*

A gauche, le compteur de particules est placé verticalement dans la petite armoire de plomb qui, fermée, le protège des rayonnements parasites ; *au centre*, un compteur d'impulsions ; *à droite*, l'oscillographe cathodique sur l'écran duquel se dessine la courbe d'une impulsion.

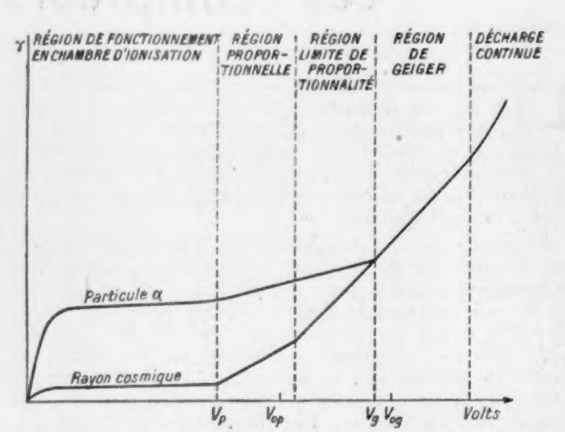


Fig. 3. — *Caractéristiques d'opération d'un compteur pour deux événements ionisants, l'un faible (rayon cosmique), l'autre important (rayon α).*

Vp et Vg, seuils des régions proportionnelle et de Geiger ; Vop, potentiel de travail en région proportionnelle ; Vog, potentiel de travail en région de Geiger.

l'électrode centrale. La forme de l'impulsion arrivant sur le fil central, regardée sur l'écran d'un oscillographe cathodique (fig. 2), est déterminée par le nombre de charges qui arrivent et par la capacité du fil ou de ce qui lui est électriquement lié, comme la grille de la lampe du premier étage de l'amplificateur électronique. Aux valeurs basses de la tension, employées ici, les électrons ne créent pas d'ions additionnels par collision durant le processus de collection. Le nombre d'électrons qui arrivent sur le fil central sera donc égal au nombre d'électrons produits lors de l'événement initial (ce qui en permet la mesure), moins le nombre, d'ailleurs très faible, des électrons disparus lors de processus de recombinaison.

Quand la tension appliquée au compteur entre le fil et le cylindre est amenée à dépasser une certaine valeur minimum, il y a alors des électrons secondaires libérés par les collisions des électrons primaires, accélérés par le champ, contre des atomes ou des molécules initialement neutres. L'impulsion qui apparaît sur le fil sera alors plus grande en raison des ions additionnels formés par les collisions, et de proche en proche le processus va correspondre à ce que l'on appelle l' « avalanche de Townsend ». On peut alors définir un coefficient d'amplification dépendant de la nature du gaz, et qui représente le nombre de paires (ion positif + électron) formées par un électron initial lors de l'avalanche.

Signalons que ce coefficient A varie entre 1 pour la chambre d'ionisation jusqu'à 10^8 pour un compteur de Geiger. Pour l'intervalle allant jusqu'à 10^3, on dit que le compteur travaille dans la région d'amplification proportionnelle, ou que l'appareil est un compteur proportionnel, car aussi longtemps que A reste constant, la hauteur de l'impulsion est proportionnelle au nombre d'ions formés lors de l'événement ionisant initial.

Si nous augmentons de nouveau la tension, A commence à prendre des valeurs de plus en plus importantes, et le compteur entre dans la région où la hauteur de l'impulsion arrivant sur le fil est indépendante du nombre d'ions formés dans l'événement ionisant initial : c'est la « région de Geiger ».

Quant aux « compteurs à scintillations », le principe de leur fonctionnement est basé sur les scintillations dans des cristaux (de naphtalène par exemple) et ils appartiennent ainsi à une catégorie différente de compteurs de particules.

Nous illustrerons cet exposé en envisageant les phénomènes liés à la traversée de deux particules différentes (fig. 3). Dans un cas, une particule α produit dans le compteur 10^4 paires d'ions; dans l'autre cas, un rayon cosmique produit dans les mêmes conditions à peu près 30 paires d'ions. Nous avons porté en abscisses les tensions appliquées au compteur (en volts) et en ordonnées la hauteur des impulsions enregistrée, lors de la décharge, sur l'écran d'un oscillographe cathodique (fig. 2). La figure 3 résume tout ce que nous avons dit sur le fonctionnement et l'opération des compteurs de particules.

Entre ces différents types de compteurs ce sont les compteurs dits de Geiger qui ont eu la plus large diffusion en ces dernières années, à cause de leurs caractéristiques. Ils sont remarquablement maniables, certains sont de construction très simple, et on peut en obtenir dans le commerce de très nombreux types (fig. 5) étudiés et standardisés pour des usages multiples.

Tous les compteurs servent à faire des mesures d'activité, c'est-à-dire à déterminer dans des conditions données le nombre d'événements ionisants qui traversent l'appareil. L'activité s'exprime en « coups par minute »; l'activité cherchée est égale au nombre de coups par minute mesuré, diminué du nombre de coups par minute résiduel, appelé mouvement propre, dû à la radioactivité ambiante, aux rayons cosmiques, et dont on n'arrive jamais à se défaire complètement. Les possibilités de comptage d'un compteur de Geiger varient entre quelques coups et 50 ou 60 000 coups par minute. En faisant varier la tension dans un certain intervalle, le nombre de coups par minute varie comme l'indique la courbe de la figure 4, courbe obtenue sans événement ionisant autre que le mouvement propre. La région utilisable, qui a pour limite V_g

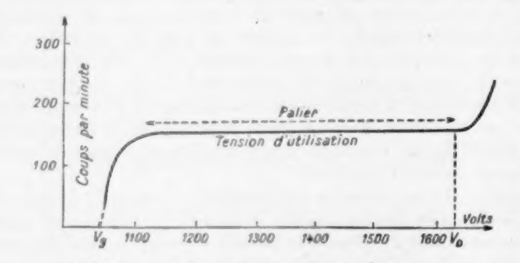


Fig. 4. — *Exemple de courbe caractéristique obtenue avec un compteur en verre à cathode externe.*

Compteur de la figure 5 rempli avec un mélange standard alcool-argon.

et V_D, se nomme plateau ou palier du compteur étudié. Dans cette région, une petite variation de la tension n'influe que très peu sur le taux de comptage enregistré.

Certains compteurs sont de fabrication extrêmement simple. En verre, revêtus d'une cathode conductrice, ils sont souvent construits dans le laboratoire même qui les emploie. Ils se prêtent aux applications les plus variées, depuis les études du rayonnement cosmique jusqu'au comptage du tritium par introduction de l'échantillon radioactif dans le compteur ([1]). Pour un compteur de ce type, dit Maze, le mouvement propre est de l'ordre de 150 coups par minute (ceux de la figure 6 ont un volume de 160 cm^3 et sont remplis avec un mélange standard d'alcool-argon). Leur facilité de construction et leur bas prix de revient ont permis de dire de ces compteurs qu'ils font entrer la radioactivité dans les possibilités de tous les laboratoires ; leurs caractéristiques (fig. 4) permettent une grande latitude d'utilisation.

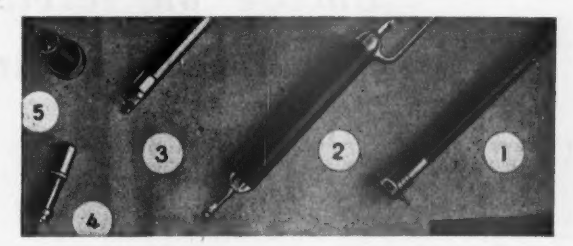


Fig. 5. — *Quelques types courants de compteurs de Geiger.*
1, compteur destiné à l'étude du rayonnement cosmique (C.E.A.) ; 2, compteur en verre du type Maze ; 3, compteur en verre à cathode intérieure en cuivre (20th Century Electronics) ; 4, compteur métallique du type Collège de France ; 5, compteur cloche du type Maze.

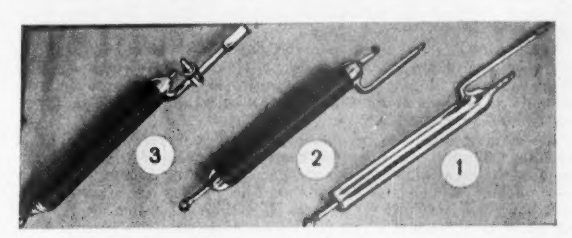


Fig. 6. — *Compteurs en verre fabriqués au laboratoire de l'auteur.*
1, compteur nu, non revêtu ; 2, compteur du même type, avec sa cathode externe conductrice ; 3, compteur destiné au comptage du tritium.

*
* *

Les différents types de compteurs de particules sont aujourd'hui largement employés dans la recherche scientifique et l'industrie. Dans la recherche, de tels appareils servent à détecter et à enregistrer le nombre de particules émises lors d'expériences variées, au cours d'études de rayonnements nucléaires, de désintégrations ou de transmutations. Ces instruments sont pratiquement indispensables pour interpréter les résultats obtenus avec des cyclotrons ou des générateurs de Van de Graaf, parce qu'ils sont capables de fournir le nombre de particules dans un faisceau donné. Les compteurs sont aussi employés pour s'assurer si un bombardement a donné naissance à un produit radioactif, et pour déterminer la nature, l'intensité et la période de l'activité résultante. D'une manière semblable, ils sont employés pour établir l'identité et la quantité de matière radioactive naturelle ou de substances artificiellement radioactives.

Avec la plaque photographique, le compteur de particules constitue l'appareil le plus important pour étudier la nature et les propriétés de la radiation cosmique et des rayonnements secondaires produits par elle. Combinés avec des circuits électroniques d'ailleurs complexes, employés seuls ou en groupes de deux à six, couplés ou non avec des chambres de Wilson, les compteurs de Geiger ont conduit au développement d'une technique qui aboutit à « disséquer » véritablement le rayonnement cosmique.

1. Voir : Le tritium ou hydrogène radioactif, *La Nature*, n° 3211, novembre 1952, p. 334.

Les applications biologiques et médicales des traceurs radioactifs ne se comptent plus aujourd'hui. Ici aussi, en même temps qu'à la plaque photographique on fait appel aux compteurs de particules pour localiser les radioisotopes introduits dans l'organisme, pour en étudier la distribution, etc.

L'industrie elle aussi, dans toutes ses branches, fait de plus en plus appel aux radioisotopes artificiels et à leurs fidèles compagnons de travail, les compteurs de particules. En sidérurgie, en métallurgie, en géologie du pétrole, partout les compteurs détectent, localisent, mesurent. Couplés avec des sources radioactives étalonnées (de cobalt 60 par exemple), ils constituent des appareils à mesurer des niveaux, des épaisseurs, des écoulements. Il y a peu de branches de l'industrie où l'ensemble compteur + isotopes ne puisse apporter des simplifications élégantes ou des solutions à des problèmes jusque-là irrésolus.

Les compteurs de particules sont certainement susceptibles de s'améliorer encore, de devenir plus précis et plus sensibles, et de s'adapter à de nouveaux usages.

M. Grenon.

Le barrage de l'Èbre

Le réservoir de l'Ebre, à Reinosa (Espagne), vient d'être récemment inauguré. D'une capacité de retenue de 540 millions de mètres cubes, ce réservoir comporte un barrage de 30 m de haut et 250 m de long au couronnement, ayant nécessité 60 000 m^3 de béton. Deux conduites de 3 m de diamètre alimentent la chute d'une puissance de 10 000 ch. La construction de ce réservoir a nécessité d'importants travaux complémentaires : déviation de 20 km de voie ferrée et de 43 km de route ; percement de tunnels et construction de viaducs, le plus important ayant 850 m de long ; inondation de 6 200 ha de terres et de cinq villages.

Ce réservoir, dont la retenue n'est dépassée en Europe que par deux autres ouvrages espagnols, permettra d'améliorer l'irrigation de 110 000 ha de terres, la navigation fluviale et la production d'énergie.

L'énergie électrique en France

D'après la statistique établie par la Direction de l'Exploitation de l'Électricité de France, statistique portant sur 95 pour 100 environ de la production totale, la production et la consommation de l'énergie électrique en France pendant l'année 1952 ont atteint :

Production hydraulique	21 729,5.10^6 kWh
Production thermique	16 774,1.10^6 kWh

soit, compte tenu de la différence entre l'énergie utilisée pour le pompage et l'énergie produite par l'eau accumulée, une production totale de 38 456.10^6 kWh.

La consommation est de 38 514,5.10^6 kWh, valeur qui tient compte des pertes de transport et de transformation ainsi que des échanges avec les pays voisins : Belgique, Luxembourg, Sarre, Allemagne, Suisse, Italie, Espagne et Andorre.

Encore un service des isotopes :
Le contrôle de l'étanchéité des conduites

On n'en a pas fini de trouver dans les isotopes radioactifs des moyens simples et pratiques d'étudier et de contrôler la qualité des matériaux et la sécurité de leur utilisation.

Faut-il rappeler qu'il n'y a pas longtemps encore, on n'osait réaliser une distribution intercommunale de gaz à partir d'une usine centrale à cause de la difficulté d'éviter des fuites considérables, tant par les joints que par la corrosion du métal des conduites. Aujourd'hui, on n'hésite pas à transporter des huiles ou des gaz de pétroles dans des pipe-lines de plus d'un millier de kilomètres de long, du Golfe Persique et de Mésopotamie aux ports méditerranéens du Levant, de l'Alberta aux Grands Lacs et à la côte du Pacifique, et plus modestement en France, des forages pyrénéens à Toulouse et à Bordeaux, en attendant le pipe-line du Havre à Paris et la conduite de gaz des cokeries lorraines à la capitale.

Les études sur la corrosion et les progrès de la métallurgie qui ont suivi ont fourni des tuyaux incorrodables par le choix d'aciers inoxydables ou la protection d'aciers ordinaires au moyen de traitements chimiques et de revêtements variés (goudrons, peintures, vernis, métallisations, etc.).

Les conduites sont faites d'éléments placés bout à bout, dont la soudure est une autre sujétion. Longtemps, on opéra dans la tranchée même en coulant autour du joint du plomb fondu, sans pouvoir vérifier si l'on réalisait l'étanchéité. Aussi assistait-on parfois dans les rues des villes, à la détection des fuites de gaz par un procédé pittoresque : quand l'écart devenait trop considérable entre le volume du gaz produit à l'usine, mesuré au gazomètre, et celui représenté par la totalisation des volumes inscrits aux compteurs des consommateurs, une équipe d'ouvriers allait planter dans le sol des rues, au-dessus des principales canalisations urbaines, des rangées de tubes creux en fer au haut desquels on introduisait des languettes de papier blanc mouillé d'une solution d'acétate de plomb ; là où une fuite avait imprégné le sol de gaz, celui-ci montait dans le tuyau et ses composés sulfurés noircissaient le papier réactif ; on localisait ainsi les grosses fuites et on déterminait les points où il convenait d'ouvrir une tranchée pour réparer. Les soudures se font maintenant avec plus de sécurité et de rapidité au moyen de mélanges aluminothermiques, de chalumeaux oxy-acétyléniques ou d'arcs électriques. On étudie leurs qualités et leur efficacité par des techniques de plus en plus savantes.

Longtemps, pour connaître des différentes soudures, il fallut découper une bague de métal à leur niveau ; après avoir refermé la conduite par deux nouvelles soudures pour fixer un anneau métallique en remplacement du joint enlevé, on emportait le prélèvement qu'on examinait au microscope métallographique pour juger de l'état du métal de la conduite, de l'apport de soudure et des modifications provoquées par l'échauffement. C'était là un moyen d'étude et non de contrôle, laborieux, gênant, lent et coûteux. Plus tard, l'examen aux rayons X permit un examen plus rapide, et surtout *in situ*, sans sectionner la conduite, mais il fallait transporter une installation comportant un générateur d'électricité à haute tension et un appareillage fragile en verre comprenant de grosses ampoules sous vide, impedimenta encombrants.

M. L. T. Minchin vient de faire connaître dans *Science Progress* (1) une récente méthode beaucoup plus simple utilisant un isotope du cobalt, ^{60}Co. C'est un isotope radioactif qu'on produit maintenant dans les piles atomiques et dont la vie utile est de cinq ans. Un gramme de ce cobalt suffit pour obtenir, à travers le métal de la conduite en place une radiographie qui révèle les défauts de la soudure et les fissures de la pièce, même invisibles en surface. Cet isotope radioactif ne peut être approché sans précautions : pour le transport, on l'enferme dans une sphère de plomb de 22,5 cm d'épaisseur ; pour l'emploi, on l'introduit dans la conduite et on l'y déplace au bout d'une ligne d'environ 5 m de long ; cela suffit pour éviter tout accident. Une plaque photographique sensible, protégée de la lumière, étant placée extérieurement sous le tuyau, au niveau d'un joint par exemple, si l'on amène le gramme de cobalt à l'intérieur de ce tuyau en face de la plaque et qu'on l'y laisse un moment, les rayons gamma qu'il émet traversent le métal, certains impressionnent la plaque et y forment une radiographie qu'il ne reste qu'à développer. L'opération est rapide et peut être répétée maintes fois. Les seuls encombrements sont l'enveloppe de plomb de l'isotope et la chambre noire pour révéler les images photographiques, si l'on opère sur le terrain, loin de toute ressource ; une camionnette suffit pour le matériel et le personnel.

Lors de la pose du dernier pipe-line d'Iraq en Syrie, long de 560 milles, à travers des contrées désertiques, tous les travaux étaient mécanisés : creusement des tranchées, transport et pose des tuyaux, soudure des joints. La machine à souder, placée sur camion, eut à faire 95 000 soudures. 11 000 purent être vérifiées sur place par le nouveau procédé et, à la mise en charge, lorsque la conduite fut emplie de pétrole pour la première fois, on constata qu'un seul joint était défectueux et à refaire.

Plus récemment encore, en Hollande, on installa un autre pipe-line pour amener du gaz de cokeries au port d'Anvers. La conduite devait traverser un bras, le West Scheldt, de l'estuaire qui relie Anvers à la mer. Le passage des bateaux y est continu, si bien qu'on décida d'immerger sur le fond à partir des rives les deux branches du pipe-line et de les souder ensuite sur un banc de sable médian qui ne découvre que quatre heures au plus à chaque marée. La jonction fut faite assez vite pour que les ingénieurs hollandais aient le temps, avant que la mer recouvre le banc, de faire une radiographie aux rayons gamma pour s'assurer de l'étanchéité de la soudure. Le cobalt 60 avait été fourni par le laboratoire atomique anglais de Harwell.

D. C.

1. *Science Progress*, **41**, 1953, p. 321. Edward Arnold and C°, éditeurs, Londres.

La télévision dans l'industrie, les chemins de fer et les mines

La télévision trouve déjà de nombreuses applications dans l'industrie. Elle permet d'observer des points inaccessibles, des intérieurs de fours par exemple, et de surveiller des opérations dangereuses.

Elle permet aussi de concentrer en un seul point le contrôle des divers services d'une usine. Elle s'applique à la surveillance des chaînes de montage, des machines-transfert, des opérations d'emballage et de transport, des usines hydro-électriques, de la marche des fours de traitements thermiques, des fours à ciments, du contrôle des fumées, etc. Un très large avenir s'ouvre donc aux applications industrielles de la télévision. Elle trouvera sa place sous des formes multiples dans les cabines de commande et de contrôle des usines automatiques et apportera un concours précieux à la production en série et aux efforts pour réduire les prix de revient.

La télévision est, d'autre part, en voie d'être utilisée dans le trafic ferroviaire. La Compagnie de chemins de fer Baltimore and Ohio vient, avec la collaboration de la Radio Corporation of America, de faire un essai d'application de la télévision au triage des wagons de marchandises. Un premier circuit permet à un employé de relever sur l'écran les numéros des wagons à l'arrivée, tandis qu'un second circuit est utilisé par des contrôleurs pour surveiller les opérations de la gare de triage.

La Note technique 2/53 des Charbonnages de France nous informe que la télévision industrielle fait son entrée en France. A la centrale thermique de Chocques, dans le Pas-de-Calais une réalisation en cours comporte un appareil de prise de vues, placé dans les parois de la chaudière, qui transmet à la salle de contrôle l'image de la flamme des foyers.

La même note signale qu'une pelle de découverte a été équipée, permettant au conducteur de vérifier le remplissage du godet. On imagine aisément la facilité de contrôle que donnerait un tel emploi, dans un lavoir par exemple.

La sécurité au fond pourrait également y trouver son compte, d'autant plus que la visibilité dans les fumées, en lumière infrarouge, est meilleure qu'à l'œil nu.

Des problèmes analogues de contrôle à distance ont été résolus par des firmes américaines. Dans une installation de « skip », le machiniste a pu ainsi être installé en face du point de déchargement.

Un grand barrage sur le Haut-Nil : Owen Falls

La Nature a signalé (n° 3209, septembre 1952, p. 275) les travaux entrepris en Ouganda pour capter l'énergie fournie par les chutes du Nil, à sa sortie du lac Victoria. Voici de nouvelles précisions concernant les travaux en cours.

L'émissaire du lac Victoria, désigné sous le nom de Nil Victoria, s'échappe vers le nord, où il rejoint le vaste et marécageux lac Kioga; puis, sous le nom de Nil Somerset, il arrive au lac Albert, d'où il ressort peu après en direction du nord (Soudan anglo-égyptien). Des différences de niveau importantes existent entre ces différents plans d'eau, qui sont aux altitudes respectives de 1 132, 1 025 et 732 m; le fleuve est coupé de rapides et de chutes, dont les principales sont les chutes Ripon, entre Victoria et Kioga, et les chutes Murchison, peu avant le lac Albert. Jusqu'à présent, ces dernières (les plus hautes du Nil : 40 m) sont restées quasiment inexplorées. Selon l'explorateur J. Laporte, « cette région est inhabitée en raison de la maladie du sommeil. C'est l'une des dernières taches blanches sur les cartes du continent africain ». Il ne semble pas que l'exploitation industrielle des chutes du Nil Somerset soit par conséquent pour demain.

Il en va autrement de la section comprise entre Victoria et Kioga. Débouchant du lac Victoria près de Jinja, le Nil se précipite, après quelques kilomètres, dans des chutes grandioses, avec un débit moyen de 5 à 600 m^3/s, soutenu toute l'année par les puissantes pluies équatoriales. Le plan d'utilisation, établi vers 1946, reçut un commencement d'exécution en 1949 : la première tranche en doit être achevée en 1954. A ce stade, la centrale disposera d'une puissance installée de 60 000 kW, correspondants aux 2/5 de sa puissance totale définitive, à l'achèvement des travaux (150 000 kW).

Le courant électrique produit servira aux usages domestiques dans les villes (Jinja, Kampala, Entebbe), qui ne disposaient jusqu'ici que de petites centrales thermiques locales; il contribuera au développement des raffineries de sucre, des usines de coton, des usines de phosphates, des cimenteries; il servira à l'électrification des travaux dans les mines d'or de Busia, et peut-être à l'alimenttion en énergie d'usines métallurgiques et chimiques dont la création est à l'étude. Éventuellement enfin, il pourra être utilisé pour l'électrification de la voie ferrée reliant l'Ouganda au Kenya et à la côte de l'Océan Indien (Mombasa).

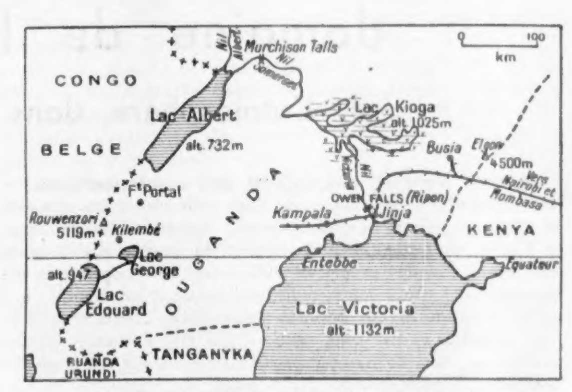


Fig. 1. — *La région d'Owen Falls en Ouganda.*

On travaille actuellement au prolongement de cette voie ferrée en direction de l'ouest; elle est déjà construite sur une certaine distance au delà de Kampala, terminus actuel du trafic. Le but est de relier au reste de l'Afrique orientale britannique la riche région minière de Kilembé, au pied des « Montagnes de la Lune », contreforts du Rouwenzori (5 119 m). Des gisements de cuivre et de cobalt y sont appelés à un brillant avenir. Un autre avantage de la voie ferrée, en dehors d'une liaison éventuelle avec le Congo belge, sera de desservir le fertile district compris entre les lacs Victoria, Albert et Édouard, où l'élevage est possible sans redouter la terrible mouche tsé-tsé.

Il est à signaler que l'Égypte, intéressée à tout ce qui concerne le Nil, a obtenu une surélévation de l'ordre de 1 m du niveau de l'ouvrage d'Owen Falls et, par conséquent, du plan d'eau du lac Victoria. Celui-ci, le plus vaste d'Afrique et le deuxième du monde (près de 80 000 km^2) n'a qu'une profondeur relativement faible (90 m) comparée aux grands lacs tectoniques voisins; et comme il constitue la principale « source du Nil », le volume de ses eaux est susceptible d'influer sur le débit du grand fleuve. On comprend que le gouvernement du Caire ait demandé à être consulté.

P. W.

La mécanisation dans les houillères françaises

Une conférence de presse organisée en mars dernier au ministère de l'Information par le Syndicat général des industries mécaniques a donné des précisions sur l'apport de la mécanique à l'accroissement de la production houillère française.

Le nombre des marteaux piqueurs utilisés dans le seul bassin houiller du Nord et du Pas-de-Calais a marqué la progression suivante :

1913........................	1 787
1927........................	24 527
1930........................	31 537
1951........................	40 790

De ce fait, la proportion du charbon abattu mécaniquement est passée de 2,5 pour 100 en 1913 à 89 pour 100 en 1930 dans le département du Nord et de 4,2 pour 100 à 75 pour 100 pendant les mêmes années dans le Pas-de-Calais. Depuis, les appareils de perforation mécanique dénommés « Jumbos » ont encore apporté une amélioration à l'abatage mécanique.

Les chargeuses mécaniques du type Duckbill n'ont fait leur apparition qu'après la dernière guerre.

Les appareils de transport du charbon au fond ont également été largement développés. La longueur des couloirs oscillants du Nord et du Pas-de-Calais dépasse maintenant 200 km ; dans les autres bassins houillers, elle est de l'ordre de 160 km. Il y faut ajouter environ 200 km de convoyeurs à bandes, à raclettes ou d'autres systèmes.

La capacité des berlines, qui était de l'ordre de 600 l, a été augmentée et atteint dans certains cas 3 à 5 m^3. La puissance des locotracteurs utilisés au fond a été portée jusqu'à 150 ch ; leur vitesse atteint 25 km/heure.

Les treuils à vapeur des puits ont été remplacés par des machines électriques et les cages d'extraction par des « skips », ces modifications entraînant une économie d'énergie de l'ordre de 30 pour 100.

La préparation mécanique des charbons a fait de larges progrès et a éliminé à peu près complètement le triage à la main.

L'équipement mécanique des lavoirs à charbon est maintenant très perfectionné ; on peut signaler en particulier le développement des installations de séparation par liqueurs denses, dont la marche est automatique et le débit considérable.

Des progrès importants sont également à signaler dans le matériel d'agglomération des briquettes et des boulets ; le débit unitaire des presses utilisées dans ces fabrications est respectivement de 15 et 30 t à l'heure.

L'ATMOSPHÈRE
domaine de la Météorologie

4. L'atmosphère dans sa complexité réelle [1]

Masses d'air et mécanisme des condensations. — Les différentes « qualités » de l'air, variables d'une latitude à l'autre et, pour un même point, variables d'un moment à l'autre, ont conduit à la notion de masses d'air, ayant des origines et des propriétés différentes. On conçoit que ces propriétés ne sont égales, pour une masse d'air donnée, que pour un même niveau puisque température, humidité et densité varient avec l'altitude. Mais ce qui est constant verticalement, c'est, pour la masse d'air considérée comme entité météorologique, la décroissance des facteurs.

On constate que, dans leurs déplacements à travers l'espace, les masses d'air gardent pendant plusieurs jours leur individualité. Les modifications qui interviennent sont dues, soit à l'influence du sol ou des océans (et elles affectent d'abord les basses couches), soit à de vastes mouvements d'ensemble, ascendants ou descendants, qui bouleversent les caractéristiques des masses d'air mises en jeu.

Fig. 1. — *Sources des masses d'air en hiver dans l'hémisphère boréal.*
En été, l'air tropical gagne vers le Nord.
(*Archives photographiques de la Météorologie nationale*).

On sait que la vapeur d'eau atmosphérique provient de l'évaporation de l'eau existant à la surface du globe et que la quantité maximum de vapeur que peut contenir l'air est fonction de la température. Au delà de cette limite, la condensation se traduit par la formation de nuages et la naissance des précipitations qui ramènent l'eau au sol. On imagine donc aisément le mécanisme du « cycle de l'eau » au sein des masses d'air, bien que certains points méritent de retenir l'attention.

En effet, si le refroidissement de l'air est la cause essentielle de la condensation de la vapeur qu'il contient par suite de la saturation, le phénomène ne se déclenche pas automatiquement lorsque la tension actuelle de la vapeur atteint la valeur de la tension maximum. Il est nécessaire que l'air contienne certaines particules encore assez mal connues : les noyaux de condensation, autour desquels la vapeur vient se condenser de façon préférentielle.

Comme, dans la pratique, les noyaux de condensation (ions, cristaux salins, impuretés de toutes sortes) se trouvent transportés par les mouvements généraux de l'atmosphère à travers tout l'espace, le météorologiste ne se préoccupe que de la cause majeure des baisses de température responsable des condensations : la détente adiabatique.

Les trajectoires horizontales des masses d'air à travers le champ isobarique ne permettent pas de mettre en évidence des détentes suffisantes, puisque ces trajectoires coïncident sensiblement avec les isobares, c'est-à-dire sans changement de pression. On ne peut donc expliquer la formation des nuages et de la pluie que par des ascendances. La décroissance verticale de la pression (1 millibar pour 10 m de dénivellation en moyenne) provoque bien une détente, capable d'entraîner la condensation dans une masse d'air suffisamment humide.

Il reste à étudier le mécanisme de ces courants ascendants, soit au sein d'une masse d'air sensiblement immobile, soit du fait d'un soulèvement d'ensemble de la masse d'air, et à cet effet, de reconnaître les propriétés des différentes « masses d'air » mises en jeu dans l'atmosphère (fig. 1).

L'air tropical. — Aux basses températures, l'air des régions maritimes se charge de grandes quantités de vapeur. Même claire, l'atmosphère de ces régions sera humide et chaude. Les *masses d'air tropical maritime* auront donc cette propriété à l'origine.

On notera que si, dans ses déplacements, une masse d'air tropical rencontre des régions où la température en surface est plus basse, elle prend une très grande stabilité (l'air de la base devenant plus froid, donc plus dense, a tendance à demeurer près du sol). Les condensations qui se reproduisent affectent la forme de couches nuageuses, stratiformes et peu élevées : ce sont les *stratus* et les *brouillards*; parfois ce sont de gros rouleaux ou de gros galets qui couvrent le ciel : les *strato-cumulus*.

Les *masses d'air tropical* d'origine *continentale* (régions arides des deux continents) présentent un point de condensation élevé et fort peu de vapeur d'eau. Très sec et stable à l'origine, l'air tropical se charge d'humidité dès qu'il traverse des étendues maritimes (cas notamment des masses d'air sahariennes traversant la Méditerranée). Refroidie au passage sur la mer, notamment du fait de l'évaporation et aussi parce que l'eau est plus froide que le sol en été, la pellicule inférieure de la masse d'air est réchauffée à son arrivée sur le continent : la masse devient instable; les courants ascendants qui se forment provoquent une détente importante de l'air chargé d'humidité et des condensations se produisent jusqu'à plusieurs milliers de mètres d'altitude : les *cumulus bourgeonnants* et les *cumulonimbus* producteurs d'averses couvrent de grandes étendues.

L'air polaire. — Considérons maintenant les masses d'air originaires des régions polaires. Au pôle, l'air est froid et dense, son épaisseur (troposphère) ne dépasse pas 7 km. Très stable, il possède des propriétés électriques particulières et il est responsables d'orages et de grêle quand il arrive sur nos régions où il se réchauffe sensiblement par sa base.

Car cet *air arctique* est rapidement dégénéré dès qu'il quitte la calotte glaciaire.

S'il passe au-dessus de régions maritimes, il prend alors le

1. Voir : L'atmosphère, domaine de la Météorologie ; 1. Historique et généralités, *La Nature*, n° 3218, juin 1953, p. 181 ; 2. Variations des facteurs météorologiques selon la verticale, *La Nature*, n° 3219, juillet 1953, p. 203 ; 3. Variations horizontales, *La Nature*, n° 3220, août 1953, p. 247.

nom d'*air polaire maritime*, il se réchauffe et s'humidifie dans ses basses couches, il devient alors instable. Il peut donner naissance à des nuages isolés puissants (*cumulus et cumulonimbus*) si les régions qu'il atteint sont plus chaudes encore que sa base, ou s'il rencontre un obstacle qui l'oblige à s'élever.

Quand l'air arctique passe au-dessus de régions continentales (*air polaire continental*) il devient, soit stable en hiver (continents froids; Sibérie par exemple), soit instable en été et légèrement humidifié par la couverture du sol (forêt, lac...). Son instabilité et sa faible humidité se traduisent par la naissance de cumulus aplatis, en dehors de toute perturbation.

Bien entendu, cette classification des masses d'air n'exclut pas des dégénérescences plus marquées ni des relativités qui font jouer, à l'air polaire maritime par exemple, le rôle d'air relativement chaud par rapport à de l'air arctique qu'il vient à rencontrer.

Rencontres des masses d'air. Les fronts. — Si nous avons au passage signalé les brouillards, les stratus, les cumulus et les cumulonimbus comme susceptibles de se former au sein d'une même masse d'air, les qualités de celle-ci n'expliquent pas les vastes zones de pluies ni les couches de nuages sombres qui défilent à longueur de journées dans le ciel. L'explication réside dans la rencontre de ces masses d'air tropical et d'air polaire d'où naissent les perturbations atmosphériques.

L'air polaire, dense, tend en effet à s'écouler en glissant le long du sol vers les latitudes plus basses, sous l'effet des hautes pressions de la calotte polaire. Mais cet écoulement n'est pas régulier car l'air rencontre des obstacles géographiques (continents, montagnes) ou atmosphériques (autres masses d'air en mouvement. Finalement la « banquise aérienne » se fragmente en gouttes gigantesques qui gagnent peu à peu vers le sud.

Inversement l'air chaud, et relativement peu dense, des régions tropicales est entraîné vers le nord par suite de la topographie isobarique. Contournant les anticyclones par l'ouest (dans notre hémisphère), de véritables « langues » d'air chaud arrivent ainsi en contact, soit avec la « banquise aérienne », soit avec les gouttes froides parvenues plus au sud. La surface de rencontre est appelée *front polaire*. C'est l'ensemble des discontinuités atmosphériques qui se manifestent par des températures et des degrés hygrométriques différents au contact des deux masses d'air d'origine différentes.

L'air chaud, relativement plus léger, tend naturellement à s'élever au-dessus de l'air froid. Le front ne sera donc pas un mur vertical mais une surface inclinée vers le pôle. Sa pente est de l'ordre de 1/100 à 1/1 000. Examinons les divers phénomènes auxquels donne naissance ce conflit aérien et ce rejet en altitude de l'air chaud. Deux cas sont à considérer : le front chaud et le front froid.

Le front chaud. — La masse d'air chaud, plus rapide, remplace progressivement l'air froid en altitude. Considérons, à l'avant de la surface de discontinuité, les premières particules d'air rendues à 6 000 m d'altitude, considérablement refroidies par la détente. La vapeur d'eau qu'elles contiennent en excès se condense en cristaux de glace qui forment des nuages fins, délicats, de texture fibreuse, les *cirrus*. Un peu en deçà, le long du front, ces cirrus deviennent plus abondants et se soudent en un voile ténu qui dessine autour du soleil ou de la lune un cercle brillant : le halo. C'est le voile de *cirrostratus*. Puis le voile s'épaissit car l'air, dans son ascension, est encore chargé suffisamment de vapeur d'eau; au *cirrostratus* succède l'*altostratus* (ou des bancs d'*altocumulus*). Nous ne sommes plus qu'à 3 500 m d'altitude le long de la surface de discontinuité et la couche continue à s'épaissir. Nous arrivons ainsi plus près de la trace du front sur le sol et la couche (si épaisse que le ciel, au-dessous, paraît gris foncé) est devenue un *nimbostratus*. Sous celui-ci courent, dans la pluie, des nuages bas déchiquetés de mauvais temps.

C'est, au sol, le passage du *front chaud* (fig. 2 et 3). En effet, la température, relativement basse avant son passage, a brusquement monté puisqu'on se trouve dans la masse d'air d'origine tropicale, juste avant son ascension le long de la surface de discontinuité.

Sans doute cette notion de hausse de température doit-elle être souvent revisée dans la pratique car de nombreux facteurs (le vent, l'humidité) viennent contrarier l'impression de réchauffement. Le météorologiste lui-même ne trouve pas partout sur ses cartes au sol, la limite thermique des deux masses d'air en présence. Il s'agit bien quand même d'un front chaud. Les cartes en altitude, les sondages de température et les précipitations en font foi.

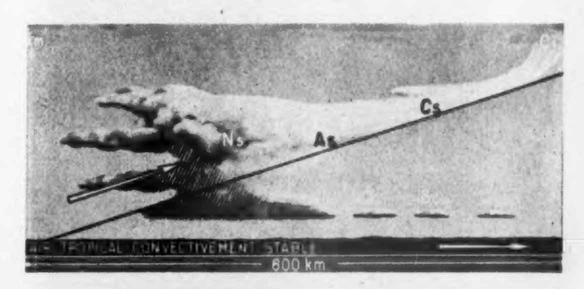


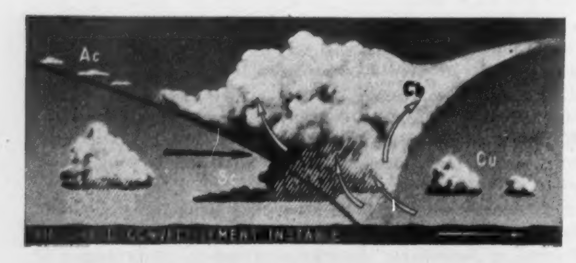


Fig. 2 et 3. — *Front chaud vu en coupe* (*en haut*) ***et en perspective*** (*en bas*).
Ci, cirrus ; *Cs*, cirrostratus ; *As*, altostratus ; *Ns*, nimbostratus.
(*Archives photographiques de la Météorologie nationale*).

Un autre indice le prouve : tout à l'avant du front, sous les cirrus avant-coureurs, la pression de la colonne d'air relativement froid et dense qui surmonte ce point est encore assez forte mais au fur et à mesure qu'on approche de la zone de pluie, cette colonne comporte une proportion de plus en plus grande d'air chaud, léger. La pression diminue donc jusqu'au passage de la trace du front sur le sol.

Le passage du « noyau » de baisse de pression correspond à ce remplacement de l'air antérieur de front par de l'air tropical plus léger.

Le front froid. — Considérons maintenant une masse d'air froid, venant rattraper cette masse d'air chaud qui, du sol au niveau des cirrus, s'élève en donnant naissance à toute une succession de nuages. Plus dense, elle s'insère comme un coin



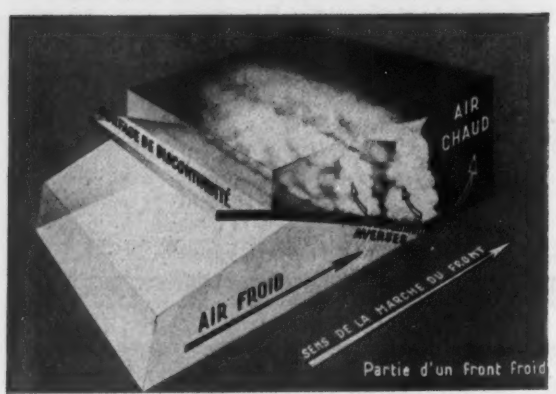


Fig. 4 et 5. — *Front froid vu en coupe* (en haut) *et en perspective* (en bas).
Ac, altocumulus ; *Sc*, stratocumulus ; *Cb*, cumulonimbus ; *Cu*, cumulus.
(*Archives photographiques de la Météorologie nationale*).

sous cette masse plus chaude et la soulève (fig. 4 et 5). Dans cette ascension rapide, la détente de l'air chaud et humide provoque la formation de nuages puissants producteurs d'averses, des cumulonimbus.

On note simultanément une baisse de température et une hausse de pression puisque l'air froid vient remplacer l'air chaud, au sol, puis progressivement à tous les niveaux. A l'inverse de ce que nous avons signalé à l'arrivée du front chaud, c'est le noyau de hausse de pression qui accompagne le front froid.

Vie d'une perturbation. — Pour simplifier cet exposé, on a limité le conflit des masses d'air chaud et d'air froid à une coupe verticale du phénomène. Dans l'espace la discontinuité affecte la forme d'une surface gauche plus ou moins régulière, faiblement inclinée sur le sol. La trace des fronts chaud et froid sur le sol rappelle souvent cette forme de « langue » d'air chaud qui vient s'insérer dans l'air froid (fig. 6). Quand plusieurs perturbations de ce genre se succèdent (« famille de perturbations »), les dessins des fronts sur les cartes donnent une impression « d'ondulation », qui correspond à une réalité physique (fig. 7).

Considérons deux masses d'air (air polaire et air tropical) arrivant en contact, avec des trajectoires et des vitesses différentes. Les « poussées » se traduisent par une déformation de la surface de séparation des masses d'air au sol tandis que l'air chaud commence à l'élever au-dessus de l'air froid. Une dépression se creuse du fait de ce remplacement et, par suite de la rotation de la terre, les vents tournent autour d'elle, dans le sens trigonométrique direct.

Plus l'importance du contraste thermique entre les deux masses d'air est grand et plus l'alimentation en air froid et en air chaud est important; plus la dépression est creuse et, par suite, plus les précipitations et les vents seront forts. Ce phénomène ne tarde pas à se répéter de proche en proche tout au long de la surface de séparation des deux masses d'air. Le front polaire présente alors des « ondulations », de plus en plus amorties mais qui prendront de l'importance tandis que la première évolue et meurt.

Le processus de cette fin de la première perturbation (ou de l'une quelconque de celles qui la suivent) est simple. La masse d'air froid, qui est venue s'insérer sous la masse d'air chaud en la soulevant (front froid), progresse vers l'avant du système. Pour peu que le front chaud qui la précède soit ralenti dans sa marche, la langue d'air chaud est de plus en plus étroite; finalement elle ne touche plus le sol; on passe directement, au sol, de l'air froid antérieur à l'air plus froid de la partie postérieure du système. On dit qu'il y a occlusion. Puis l'air chaud est de plus en plus rejeté en altitude; le phénomène dégénère ainsi plus ou moins lentement.

Entre deux « familles » de perturbations, il y a interruption du front polaire : une invasion d'air polaire gagne vers le

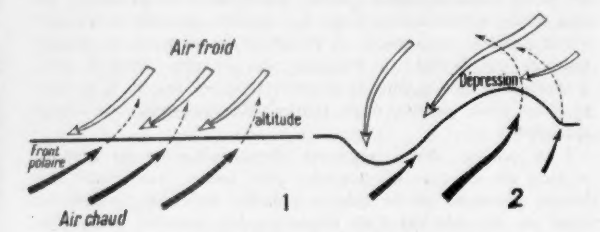


Fig. 6. — *Naissance d'une perturbation.*

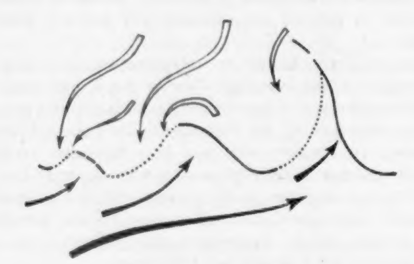


Fig. 7. — *Famille de perturbations.*

sud sans rencontrer d'air tropical. Cette invasion est liée le plus souvent au recul vers le sud et l'anticyclone des Açores, tandis qu'un anticyclone alimenté en air polaire se forme à l'arrière du front polaire. Finalement, les deux zones de haute pression ne semblent plus constituer qu'un vaste anticyclone; une période de beau temps fait suite au défilé des perturbations.

Nuages et systèmes nuageux. — Nous avons fait connaissance, au cours de l'examen des phénomènes prenant naissance, soit au sein même des masses d'air, soit à leurs surfaces de contact, avec les diverses catégories de nuages. On a pu remarquer qu'en dehors des stratus, des cumulus de beau temps et des stratocumulus, les nuages faisaient le plus souvent partie d'associations liées aux fronts Ces associations ou *systèmes nuageux* comprennent en effet un échantillonnage organisé de la quasi-totalité des nuages (fig. 8).

Le système nuageux comporte une partie antérieure ou tête, une partie centrale ou corps, une partie postérieure ou traîne. Ces notions, antérieures à celles de *front*, s'éclairent singulièrement à la lumière de ces dernières. La tête ou partie antérieure de système nuageux, avec ses cirrus, cirrostratus, alto-

cumulus et le début de l'altostratus, correspond à l'avant du front chaud et à l'avant du noyau de baisse. Le corps, avec son nimbostratus et ses pluies, correspond au front chaud, et au centre de noyau de baisse. Enfin la pression remonte; après le passage du centre du noyau de baisse et à l'arrivée du noyau de hausse, c'est la *traîne* du système nuageux, peuplée de nuages d'averses (cumulonimbus) auxquels donnent naissance les ascendances brutales provoquées par l'arrivée du front froid.

Ainsi toutes les conceptions permettant de comprendre, en les simplifiant, les phénomènes atmosphériques, se rencontrent parfaitement. Elles ne sont que les manifestations, vues sous des angles différents, du même bouleversement migrateur de l'atmosphère : la perturbation

Pour compléter la notion de système nuageux dépressionnaire tel qu'il vient d'être étudié, il convient de mentionner les systèmes orageux qui diffèrent essentiellement des premiers par le fait qu'ils sont liés à un seul front froid soulevant une masse d'air instable, humide et chaude. La violence des mouvements ascendants et de la détente qui en résulte est responsable de l'importance des masses nuageuses produites et des phénomènes électriques qui s'y développent.

La pluie. — Les théories qui précèdent nous ont renseignés sur la formation des nuages et des systèmes nuageux, mais on a admis que nimbostratus et cumulonimbus précipitaient leur eau, sans préciser le mécanisme de ce phénomène.

Le processus de formation de la pluie est différent de la simple condensation sous forme de gouttelettes de quelques microns de diamètre dont la distance est une centaine de fois supérieure à ce diamètre.

Les nuages en effet contiennent relativement peu d'eau condensée (1 à 3 g par mètre cube). La surface des gouttelettes, grande par rapport à leur volume, donc par rapport à leur masse, fait que le moindre courant ascendant les maintient en suspension, car, selon la loi de Stokes, leur vitesse de chute est de l'ordre du centimètre par seconde.

Seules des gouttes beaucoup plus grosses, présentant par suite une masse plus importante par rapport à leur surface, peuvent atteindre le sol. Ce sont les gouttes de pluie dont le diamètre est compris entre 0,5 et 2 mm et dont le volume est par conséquent 100 000 à un million de fois supérieur à celui des gouttelettes de nuage.

Bien des théories ont été avancées pour expliquer la formation de la pluie. On a invoqué l'attraction électrostatique des gouttelettes de nuage de charges contraires; mais la goutte résultante étant neutre, l'agglomération s'arrête aussitôt. La turbulence, à l'échelle des gouttelettes, ne fournit pas non plus une explication satisfaisante, car le choc des gouttelettes au sein des nuages n'a guère plus de chance de se produire que celui des molécules.

Bref la coalescence, c'est-à-dire la réunion des gouttelettes des nuages, ne permet pas de répondre à la question posée et il est nécessaire d'admettre que la formation des gouttes de pluie est tributaire pour une très grande part de la vapeur d'eau contenue dans l'atmosphère, soit qu'elle préexiste, soit qu'elle se forme au détriment de certaines gouttelettes déjà formées.

La coexistence au sein d'un même nuage d'eau surfondue et de glace entraîne une vaporisation de l'eau liquide qui va se déposer sur les cristaux de glace. Cela tient à ce que la tension de vapeur de la glace est sensiblement plus faible que celle de l'eau surfondue. Tout cristal de glace répondant à ces conditions verra donc son volume s'accroître. Il tombera, rencontrant des couches de plus en plus chaudes et humides. Son accroissement sera accompagné de sa fusion et celle-ci sera totale ou non selon la température des couches traversées au moment où il arrivera au sol; la pluie ou la neige tomberont du nuage.

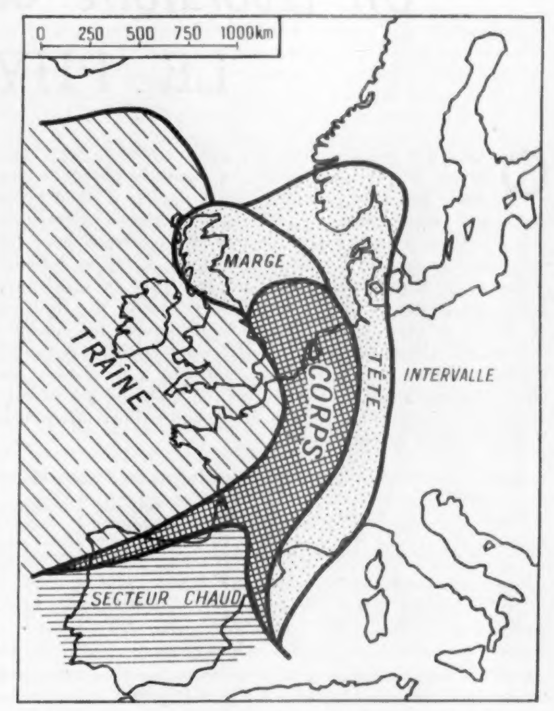


Fig. 8. — Système nuageux sur l'Europe occidentale.

Ce mode de formation des précipitations est prépondérant à nos latitudes. Les expériences de pluie provoquée utilisent ce processus et en donnent du même coup la confirmation : en ensemençant un nuage très développé avec des cristaux de glace ou de neige carbonique ou d'une substance cristallisant sous la forme hexagonale (iodure d'argent), on provoque la congélation de l'eau surfondue et, par suite, la pluie.

Cependant, dans les régions tropicales où le mouvement ascendant et, par suite, la turbulence sont particulièrement importants, le brassage violent de gouttes à températures très différentes provoque un phénomène du même ordre sans qu'il soit nécessaire de faire intervenir des cristaux; les gouttes les plus froides accaparent à leur profit l'eau évaporée des gouttelettes les plus chaudes.

Il est à remarquer que, dans tous les cas, l'eau contenue dans une masse nuageuse ne suffit pas à rendre compte des quantités d'eau déversées par cette masse. En effet, un nuage de 4 000 m d'épaisseur ne pourrait fournir que 12 kg de pluie par mètre carré. Or un nuage, au cours de son déplacement, peut précipiter pendant deux à trois jours une quantité cinq fois supérieure. Il faut donc admettre qu'un nuage se reforme en même temps qu'il précipite son eau. Comme d'autre part nous savons que le phénomène de formation ne se produit que si la tension de vapeur est maintenue à un taux élevé, voisin de la saturation, il faut en conclure que la vapeur d'eau nécessaire à l'entretien de la masse nuageuse provient de l'atmosphère extérieure à cette masse.

Le nuage, au cours de ses voyages, récolte donc presque autant d'eau sous forme de vapeur qu'il en abandonne sous forme de pluie et cela tant que dure sa vie active. On voit ainsi la complexité de ce phénomène banal de la pluie.

(à suivre).

Roger Clausse,
Ingénieur de la Météorologie.

Un laboratoire de Bioclimatologie : LE PHYTOTRON

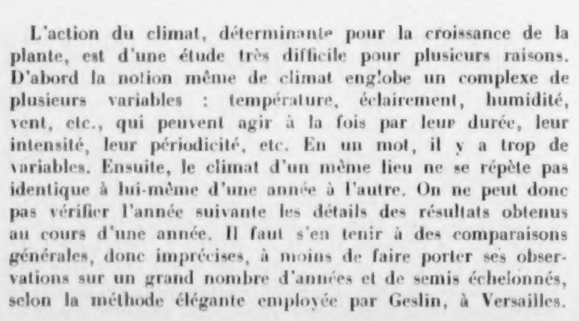
QUELLE que soit l'ampleur des progrès réalisés par l'agronomie depuis qu'il existe des hommes obligés à produire leur pain quotidien, qu'il s'agisse d'amélioration du sol par façons culturales, drainages et engrais, d'amélioration génétique des plantes ou de procédés nouveaux pour lutter contre les parasites, c'est le climat qui constitue toujours le facteur principal de la réussite ou de l'échec en agriculture. L'effet du climat sur notre économie se chiffre par milliards de francs en plus ou en moins chaque année. Les quelques données du tableau suivant, empruntées aux statistiques annuelles du ministère de l'Agriculture, suffisent à en donner une idée; elles expriment les rendements, en quintaux par hectare, de quelques cultures au cours de trois années consécutives, dans le département de Seine-et-Oise :

Année	Climat	Blé	Betterave sucrière	Haricots verts
1947	Eté chaud et sec . .	13 (1)	160	6
1948	Eté pluvieux et frais	27,5	300	50
1949	Eté moyen et sec . .	27	200	5

1. Le très faible rendement en blé a surtout été causé, en 1947, par les très mauvaises conditions climatiques de l'hiver 1946-1947.



Fig. 1. — *Le professeur Went fête l'anniversaire de l'inauguration du Phytotron.*



L'action du climat, déterminante pour la croissance de la plante, est d'une étude très difficile pour plusieurs raisons. D'abord la notion même de climat englobe un complexe de plusieurs variables : température, éclairement, humidité, vent, etc., qui peuvent agir à la fois par leur durée, leur intensité, leur périodicité, etc. En un mot, il y a trop de variables. Ensuite, le climat d'un même lieu ne se répète pas identique à lui-même d'une année à l'autre. On ne peut donc pas vérifier l'année suivante les détails des résultats obtenus au cours d'une année. Il faut s'en tenir à des comparaisons générales, donc imprécises, à moins de faire porter ses observations sur un grand nombre d'années et de semis échelonnés, selon la méthode élégante employée par Geslin, à Versailles. Mais alors le volume des mesures nécessaires restreint le nombre des plantes que l'on peut commodément étudier. C'est pourquoi l'étude de l'action du climat sur les plantes était restée soit empirique soit fragmentaire. Depuis quelques années cependant, la mise au point d'un appareillage nouveau est en train de donner à la Bioclimatologie un essor scientifique certain.

Organisation du « Phytotron ». — Pour aborder le problème avec des chances de succès, il fallait d'une part réduire le nombre de variables agissant simultanément, de façon à décomposer le complexe climatique en ses divers éléments; d'autre part, il était indispensable de se rendre maître de chacune de ces variables, de manière à pouvoir reproduire



Fig. 2. — *Une vue des laboratoires du Phytotron.*



Fig. 3. — *L'amenée d'eau sur les toits de verre du Phytotron.*



Fig. 4. — ***Une partie du tableau de bord du Phytotron.***

le même climat à volonté. C'est à cette fin que s'est employé depuis plusieurs années le professeur Went (fig. 1), déjà renommé pour ses travaux sur les auxines. Dès 1939, un premier groupe de quatre pièces climatisées avait été construit sous sa direction, grâce à l'expérience du docteur Eversole qui avait travaillé pendant une dizaine d'années à la climatisation de ses propres serres à orchidées. Mais c'est en 1949 que fut inauguré le « Earhart Plant Research Laboratory », surnommé couramment « Phytotron » (fig. 2). Ce mot suggère la fonction de cette institution nouvelle : disséquer les mécanismes de la plante comme le cyclotron le fait pour l'atome.

Le Phytotron se compose essentiellement de deux sortes de chambres, les unes éclairées par le soleil de Pasadena (Californie), les autres par de la lumière artificielle. La température de chacune de ces pièces est maintenue à la valeur désirée par de l'air à température convenable. Dans le cas des pièces à lumière artificielle, des appareils de conditionnement d'air du type industriel ont été suffisants; mais dans le cas des pièces éclairées par le soleil, le problème s'est révélé très difficile. Bien qu'un film d'eau ruisselle constamment sur le toit de verre pour absorber les radiations infra-rouges (fig. 3), il est nécessaire de renouveler complètement l'air des pièces deux à trois fois par minute. L'air frais s'élève en nappe uniforme à partir des fentes du faux-plancher et sort par des orifices placés dans les murs. Cette disposition évite tout courant d'air, malgré le débit énorme pour lequel il a fallu construire des conditionneurs spéciaux.

Pour éliminer les poussières de l'atmosphère, les grains de pollen et les insectes, l'air frais pris au dehors passe d'abord par un précipitateur électrique formé de deux séries de grilles chargées, les unes positivement, les autres négativement. L'air de la région de Los Angeles, dont Pasadena est un faubourg, contient, comme celui de toutes les grandes villes, des gaz industriels nocifs qui sont éliminés par des filtres à charbon actif. Ainsi purifié, l'air nouveau passe dans des laveurs à eau dont la température détermine la température de l'air insufflé dans les pièces. Ces dispositions permettent de rendre constantes deux variables : la température de l'air et sa pureté. Un analyseur de gaz enregistre simultanément la teneur en CO_2 de l'atmosphère de chaque pièce. D'autres dispositifs permettent de se rendre maître de l'hygrométrie. Quant à la durée et à l'intensité de l'éclairement, elles sont sous contrôle dans les chambres à éclairage artificiel. Au sous-sol, on trouve une pièce dans laquelle les plantes sous soumises à la pluie et au brouillard artificiels, tandis qu'une autre chambre est munie d'une soufflerie pour étudier les effets du vent.

Le cerveau du Phytotron est constitué par un poste de commande où se multiplient les manettes et s'entrecroisent les fils (fig. 4). On dirait un central téléphonique. Ainsi on peut diriger une multitude de valves, pompes, moteurs, etc., avec un minimum de personnel.

Toutes les plantes croissant dans le Phytotron proviennent de graines désinfectées, semées sur gravillon stérile et arrosées avec une solution nutritive (formule de Hoagland) que l'on prend au robinet (fig. 5). Les pots de terre vernissée ou de matière plastique qui les contiennent sont placés sur des chariots, méthode flexible qui permet de rouler facilement un lot de plantes d'une pièce à une autre pour les changer de climat (fig. 6). Un système ingénieux de bagues colorées et numérotées permet au personnel d'effectuer rapidement les manipulations nécessaires.

Une variable souvent difficile à maîtriser dans le cas de l'expérimentation courante est due aux maladies. Le professeur Went ne veut pas, dit-il, « étudier l'action des parasites, mais bien celle du climat ». Il a donc pris des précautions draconiennes pour éliminer au moins les parasites animaux. Le bâtiment tout entier a été désinfecté aux vapeurs d'acide cyanhydrique (fig. 7). Les graines, le gravier, etc., sont soit stérilisés par la vapeur dans un autoclave énorme, soit désinfectés au bromure de méthyle (fig. 8). Le bâtiment est fermé et une légère surpression de l'air empêche des insectes d'être

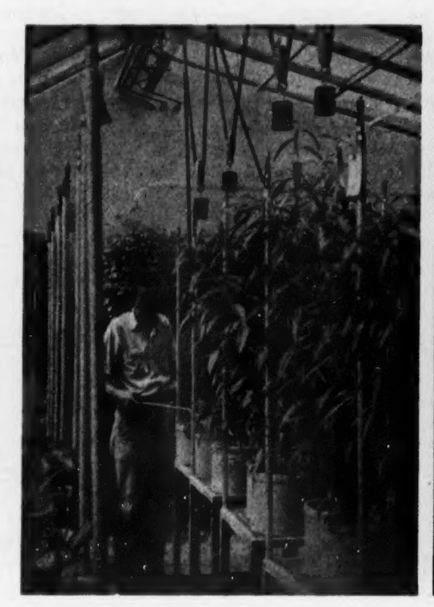




Fig. 5 (*à gauche*). — ***Intérieur d'une pièce du Phytotron.***

On arrose des pêchers d'un an avec une solution nutritive. Au premier plan, à gauche, des *Veratrum*.

Fig. 6 (*à droite*). — ***Transport de plants sur chariot roulant.***



Fig. 7. — *La lutte contre les insectes par l'acide cyanhydrique n'est pas sans dangers.*



Fig. 8. — *Grand autoclave et appareillage pour la désinfection des plantes et des graines au bromure de méthyle.*

aspirés à l'intérieur lorsqu'on ouvre la porte. Travailleurs et visiteurs passent obligatoirement par un vestiaire dans lequel ils endossent des vêtements désinfectés. Toutes ces précautions ont donné jusqu'ici de bons résultats : chacun peut admirer les plantes vigoureuses et d'un état sanitaire impeccable qui poussent dans le Phytotron.

Les résultats scientifiques. — Le travail d'un an dans le Phytotron équivaut à celui de dix stations agronomiques pendant cinq ans. Nous ne dresserons donc pas le bilan des nombreuses études réalisées dans le Phytotron depuis son inauguration, il y a quatre ans. Deux exemples seulement donneront une idée du genre de travail que l'on peut y faire : ils concernent d'une part l'effet du thermopériodisme journalier sur la croissance, d'autre part l'action du climat sur la genèse et la forme des organes de la plante.

Thermopériodisme journalier et croissance des plantes. — Un des faits nouveaux que l'ancienne technique de l'expérimentation des stations agronomiques n'avait pu révéler mais que le Phytotron a clairement mis en évidence est l'importance de l'alternance des températures du jour et de la nuit. Voici comment ce résultat a été obtenu.

Le professeur Went s'était donné pour tâche de déterminer les conditions de croissance optima chez la Tomate. Cette plante fut choisie parce qu'elle est facile à cultiver, qu'elle n'a pas besoin d'être vernalisée comme les céréales, fleurit sous une grande variété de climats et ne forme pas d'organes de réserve, de sorte que les variations de croissance sont immédiatement apparentes. Au cours d'une étude de grande ampleur, de nombreuses données furent recueillies sur la force de succion, le mouvement des stomates, la transpiration, l'absorption des sels minéraux, la guttation, la teneur en sucres, en auxines, la photosynthèse, les migrations de sucres et l'action de la température sur la croissance.

Le principal résultat de cet énorme travail fut de montrer que, parmi les facteurs étudiés, c'est la température qui joue le rôle décisif. Ainsi, la vitesse de croissance de la tige, mesurée en millimètres par jour, varie en fonction de la température (fig. 9). La courbe A de la figure 9 correspond aux cas où la température diurne est égale à la température nocturne : la vitesse de croissance maximum pour la tomate « San José Canner » est alors de 23,1 mm/jour à la température de 26°5 C (point P). Mais un résultat insoupçonné et apparemment paradoxal devint alors manifeste : la vitesse de croissance peut encore être augmentée en diminuant la température de la nuit. La courbe B donne la vitesse de croissance de pieds de tomate maintenus à 26°5 C pendant le jour et exposés à des températures variables pendant la nuit. On constate que la vitesse de croissance optimum s'est élevée à près de 30 mm/jour lorsque la température de la nuit est de 17° C (point Q). Ainsi donc, un premier point était acquis : l'alternance des températures de jour et de nuit est importante pour la croissance des pieds de tomate, la température de nuit devant être inférieure à la température de jour. D'autres recherches permirent d'étendre ces résultats et de démontrer que la température noc-

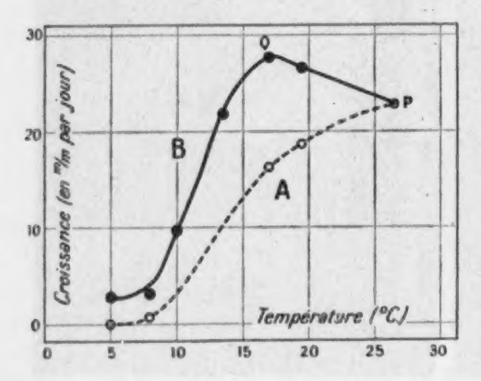


Fig. 9 (*à gauche*). — ***Action de la température sur la vitesse de croissance de la tige de la tomate « San José Canner ».***

Courbe A : température diurne égale à la température nocturne. *Courbe B* : température diurne de 26°5 C dans tous les cas ; température nocturne indiquée en abscisses (d'après Went).

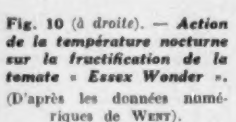
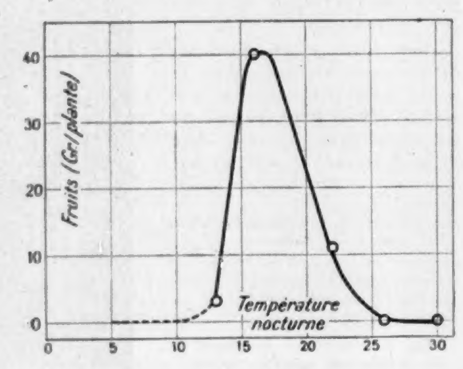


Fig. 10 (*à droite*). — ***Action de la température nocturne sur la fructification de la tomate « Essex Wonder ».***

(D'après les données numériques de Went).



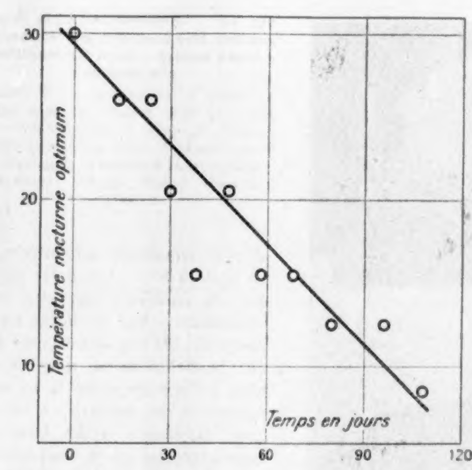


Fig. 11. — ***Relation entre la température nocturne favorisant la croissance optimum du piment (pour une température diurne de 27° C) et l'âge de la plante.***
(D'après DORLAND et WENT).

turne était plus importante pour la croissance de la plante que la température diurne. Cela ne doit pas surprendre car M. Went a montré que la croissance en longueur du pied de tomate se fait uniquement durant la nuit. De plus, la température nocturne exerce aussi une action déterminante sur la fructification de la tomate (fig. 10), la croissance et la fructification du piment, etc.

Il fut trouvé bientôt que l'optimum de température nocturne variait fortement avec l'âge de la plante, passant chez le piment de 30° C, pour les jeunes semis, à 9° C pour les plantes âgées de 4 mois (fig. 11). Encore plus curieuse fut la relation linéaire établie entre l'optimum de la température de nuit et la hauteur de la plante (fig. 12). Ce dernier fait permit de mettre le doigt sur l'un des facteurs internes par l'entremise desquels s'exerce l'action de la température : la migration des hydrates de carbone et, en particulier, du saccharose. On sait que le saccharose, l'un des principaux produits de la photosynthèse, est un aliment essentiel de la plante, en particulier des racines. Fabriqué pendant le jour dans les feuilles et autres parties vertes, le saccharose est transporté ensuite vers les méristèmes en croissance, les fleurs, les racines, etc. Or il est également connu que la vitesse de transport du saccharose des feuilles vers les racines diminue lorsque la température s'élève (fig. 13, courbe T). On comprend ainsi pourquoi, à mesure que la plante s'allonge, l'effet de la température nocturne devient de plus en plus accusé : la distance de transport du saccharose devient de plus en plus grande. La courbe en cloche obtenue pour la croissance de la tomate adulte (fig. 13, courbe B) représente une sorte de résultante de la vitesse de la croissance cellulaire, qui tend à augmenter avec la température (fig. 13, courbe A), et de la vitesse de transport des sucres qui, au contraire, tend à diminuer quand s'élève la température nocturne.

Climat et morphologie. — Un autre résultat obtenu au Phytotron est de préciser les limites entre lesquelles peut varier la forme des espèces végétales. On constate en effet que des plantes de lignées pures provenant de graines semées le même jour et nourries ensuite avec la même solution nutritive, peuvent présenter des aspects extraordinairement différents, uniquement parce qu'elles proviennent de lots cultivés dans des conditions climatiques différentes. Ce n'est pas seulement le port qui varie, mais la forme des feuilles, la nature des fleurs, etc., au point qu'on croirait parfois avoir sous les yeux deux espèces différentes. La bioclimatologie ouvre ainsi une porte nouvelle à la biologie expérimentale et permet de préciser et corriger certains points litigieux de morphologie et de systématique.

Une récente étude sur la floraison d'une courge américaine, la variété commerciale « Acorn squash », illustre bien l'effet du climat sur la morphogenèse. La nature des fleurs de cette plante peut être radicalement changée par un changement dans les conditions de température et d'éclairement. En jours longs et nuits chaudes, on obtient uniquement des fleurs mâles. En jours courts et nuits fraîches, on obtient rapidement des fleurs femelles après quelques fleurs mâles. Le numéro du nœud sur lequel apparaît la première fleur femelle est fonction de la température nocturne. Il varie de 9 à l'infini quand cette température passe de 15° à 30° C. Bien plus, dans le cas de jours très longs avec nuits chaudes, les boutons floraux ne s'ouvrent plus et restent à une sorte de stade « infra-mâle », alors qu'à l'autre extrême (jours courts et nuits très fraîches) apparaissent des fleurs « super-femelles », parthénocarpiques (fig. 14).

Applications agronomiques et horticoles.

— Les études entreprises au Phytotron permettent d'étudier et de résoudre scientifiquement certains des problèmes fondamentaux de l'agriculture qui n'avaient jusqu'ici été résolus que d'une manière empirique après de longs et coûteux tâtonnements.

Quelles variétés semer dans un lieu donné ? — On peut améliorer le sol, on ne change pas le climat. S'il est vrai qu'on peut irriguer et qu'on commence à produire de la pluie artificiellement, il reste qu'il est difficile de faire luire le soleil par temps couvert. De nos jours encore, ce sont les caractéristiques climatiques qui, en premier lieu, élimineront d'une région telle ou telle culture. Il y a d'abord pour chaque plante une température minimum et une température maximum

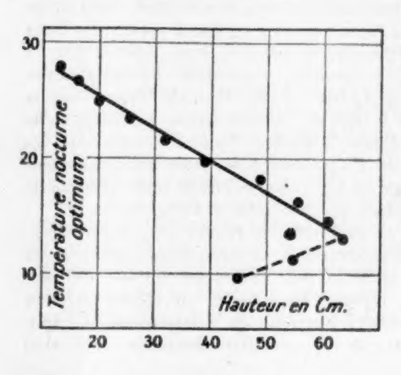


Fig. 12 (*à gauche*). — ***Relation entre la température nocturne optimum pour la croissance du piment (température diurne de 27° C) et la hauteur de la plante.***
La partie pointillée de la courbe correspond à un deuxième optimum dont l'explication reste obscure (D'après DORLAND et WENT).

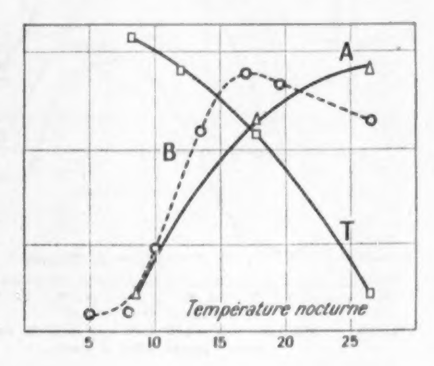


Fig. 13 (*à droite*). — ***Action de la température nocturne sur la tomate.***
Influence de la température nocturne : sur la tige seule, artificiellement ravitaillée en saccharose (*courbe A*), sur la croissance de la tige d'une plante intacte (*courbe B*), et sur la vitesse de migration du saccharose dans la tige (*courbe T*) (D'après WENT).

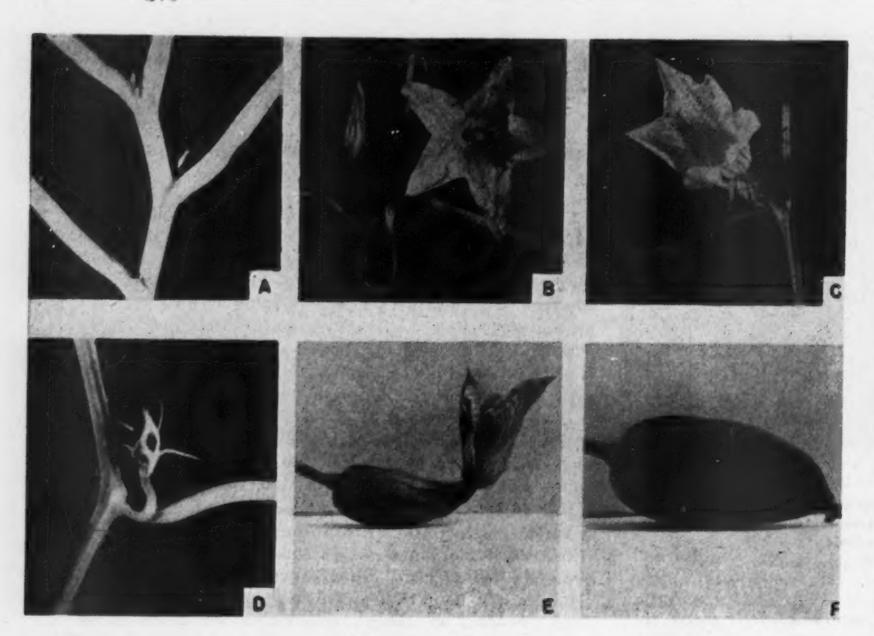


Fig. 14. — ***Diverses sortes de fleurs pouvant être produites par la courge « Acorn squash » selon les conditions climatiques.***

A, fleurs « infra-mâles » ; B, fleurs mâles ; C, fleur femelle ; D, fleur mâle inhibée ; E, fleur « super-femelle » à ovaire géant ; F, fruit parthénocarpique obtenu par traitement climatique. (D'après Nitsch, Kurtz, Liverman et Went).

au delà desquelles elle meurt. Un pin maritime gèle si la température hivernale descend au-dessous de — 20° C ; un *Saintpaulia* meurt si la température nocturne descend au-dessous de + 10° C. Mises à part ces limites léthales, ce seront les variations journalières de température et d'éclairement qui nous aideront à fixer notre diagnostic.

L'instrument le plus précieux de l'agronome est un thermomètre à maxima et à minima. Il peut ainsi mesurer les maxima et les minima de température pendant le jour et la nuit et confectionner un graphique du genre de celui de la figure 15 qui correspond au climat de Paris. Pour savoir si une culture donnée est possible *a priori*, il lui suffit de comparer ce graphique avec des tables donnant les caractéristiques climatiques de la plante en question. Ces caractéristiques sont établies, pour chaque variété, d'après les résultats obtenus dans le Phytotron. Par exemple, il a été trouvé à Pasadena que la Pâquerette (*Bellis*) pousse et fleurit particulièrement bien lorsque la température nocturne est inférieure ou égale à 8° C. Les nuits chaudes, au contraire, lui sont très défavorables. Sur la courbe de la figure 15, on voit immédiatement que le *Bellis* ne se développera bien à Paris qu'entre la mi-septembre et la mi-avril. C'est ce que l'expérience vérifie. Dans un climat tropical où la température reste, la nuit, aux environs de 24° C presque toute l'année, nous ne pourrions pas faire pousser des *Bellis*. Inversement, le *Saintpaulia* ne pousse et ne fleurit bien que lorsque la température nocturne est de 24° C. Il meurt lorsqu'elle descend pendant un certain temps à 10° C. Nous ne pourrons donc pas le cultiver en plein air à Paris.

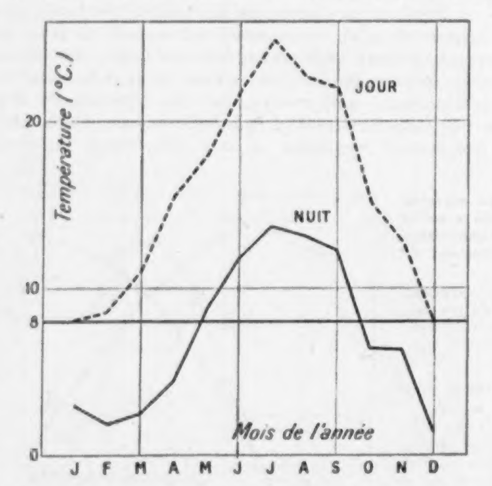


Fig. 15. — ***Moyenne des maxima et des minima de température pour l'année 1951 à Paris.***

Un exemple récent de l'intérêt pratique que peuvent présenter de telles études nous est fourni par le *Veratrum*. Cette plante, qui croît à l'état sauvage dans les montagnes de l'Amérique du Nord, contient une série d'alcaloïdes très précieux pour l'industrie. Une grande firme pharmaceutique américaine décida de cultiver en grand le *Veratrum* au lieu de l'acheter à des ramasseurs qui allaient la chercher dans les montagnes. Cette plante n'avait encore jamais été cultivée. La firme s'adressa aux stations agronomiques classiques qui essayèrent de la mettre en culture en différents endroits. Peine perdue ! Au bout de plusieurs échecs, la firme fit appel au professeur Went. Après un an d'études, M. Went trouva que, pour cultiver le *Veratrum* avec succès, il fallait soumettre les racines à une température de 0° C pendant 6 mois, puis les cultiver ensuite à 17° C (jour) et 10° C (nuit). Ces caractéristiques une fois trouvées, le professeur Went chercha sur la carte climatique des États-Unis quelles localités satisfaisaient à ces conditions. Il en désigna deux à la compagnie pharmaceutique. Des plantations furent faites : elles réussirent dans les deux endroits.

Quand planter ? — En général, la courbe des températures optima pour la croissance d'une variété donnée ne se confond pas avec la courbe climatique du lieu X considéré, mais il est cependant possible de faire coïncider certaines parties des deux courbes. Soit, par exemple, le piment. Nous savons que, à mesure que le piment grandit, l'optimum de température décroît de 30° C à 9° C (fig. 16 B). Peut-on trouver sur la courbe du climat de X (fig. 16 A) une région qui présente la même allure ? Oui, d'août à octobre. Nous sèmerons donc les graines en serre, à 30° C, puis en août, nous transplanterons les plants dehors (fig. 16 C). Cette méthode nous assurera la récolte la plus abondante possible sous le climat de X.

Dans la pratique, les jardiniers de France ont, depuis longtemps, déterminé empiriquement les époques de semis et de plantation. On sème les petits pois fin février, à Paris, les haricots début mai, on repique les tomates en pleine terre au 20 mai, etc. Les données physiologiques retrouvent et expliquent la raison d'être de ce calendrier horticole. Mais elles

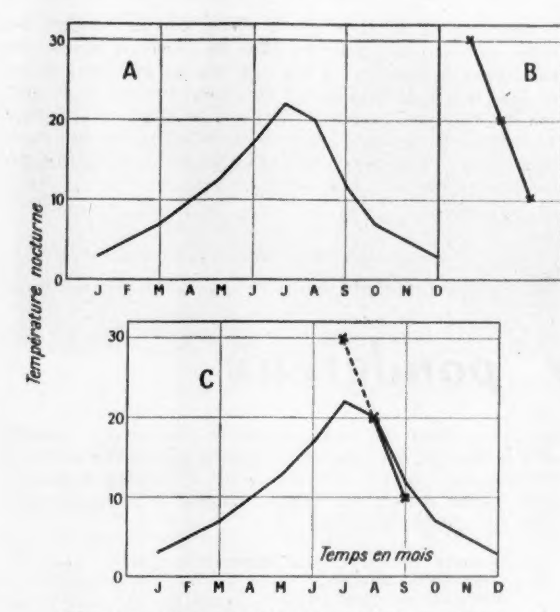


Fig. 16. — *Étude préalable à une culture de piment.*
Pour savoir quand planter du piment en plein air, sous le climat d'un lieu X dont la courbe des températures nocturnes est la courbe A, on superpose la courbe des températures nocturnes optima de la plante (courbe B) à la courbe climatique (C).

vont plus vite que l'expérience séculaire et permettent de donner d'emblée, sans tâtonnements préalables, la meilleure époque de plantation pour des plantes nouvelles que l'on n'avait pas encore appris à cultiver.

Comment pallier aux déficiences climatiques ? — Il arrive qu'aucune portion de la courbe des températures du lieu X ne soit superposable à la courbe de croissance optimum de la plante envisagée. Est-ce à dire qu'il faille renoncer à tout jamais à cultiver cette plante à X ? Pas nécessairement. Des artifices physiques ou chimiques peuvent corriger, dans une certaine mesure, les déficiences climatiques.

Nous désirons, par exemple, obtenir des tomates précoces. La température de la nuit est encore trop fraîche, mais dans la journée on atteint 22° C. Comme c'est la température de nuit qui est la plus importante, nous allons recouvrir les tomates d'un voile noir à 14 h. Les plantes bénéficieront ainsi de quatre heures de nuit entre 22° et 17° C (température nocturne favorable), tout en ayant eu assez de temps, entre 6 h et 14 h, pour fabriquer par photosynthèse les produits nécessaires à la croissance et à la fructification. En imaginant cet artifice, le professeur Went obtint les résultats suivants, au mois de mai, à Pasadena :

Sans voile : 1 g de fruits en moyenne par pied de tomate.
Avec voile : 256 g » » »

Cette expérience vérifie le vieux dicton des horticulteurs concernant « le soleil du matin », dicton que le professeur Went formule en sens inverse en disant que ce qui est important pour les plantes, ce n'est pas tant le soleil du matin que « l'ombre de l'après-midi ».

Dans le cas de plantes photopériodiques, c'est-à-dire dont la floraison est déclenchée par la longueur du jour et de la nuit, il est évident que, si l'on veut des feuilles (épinards, laitue), il faut cultiver la plante à des époques où la longueur de la nuit empêche la montée à fleurs (donc au printemps ou en automne). Si ce sont les fleurs qui sont recherchées, on peut en obtenir rapidement en semant les graines pendant la photopériode convenable (les reines-marguerites en été). Mais alors, la floraison se produit tout de suite sur des plantes encore petites. Pour obtenir des plantes vigoureuses produisant des fleurs plus nombreuses et plus grandes, il vaut mieux les élever en photopériode défavorable à la floraison (au printemps pour les reines-marguerites) ; l'induction florale de l'été se fera alors sur des plantes comportant déjà une grande rosette de feuilles et de bonnes racines.

Chimiquement, il est aussi possible de remédier quelque peu aux déficiences du climat. Pendant les jours couverts et chauds, la plante peut souffrir du manque de sucres. Une pulvérisation de saccharose à 10 pour 100 sur les feuilles remédie à la situation. A la suite des expériences du professeur Went, il s'est révélé utile de pulvériser du sucre sur les jeunes plants de tomate que l'on élève dans le sud des États-Unis pour les envoyer par avion dans le nord. La reprise est ainsi améliorée. Ces correctifs chimiques vont certainement se multiplier à mesure que vont s'augmenter nos connaissances concernant les répercussions du climat sur les processus biochimiques internes des plantes.

Climat et valeur alimentaire des plantes. — Il viendra un jour où l'on achètera les légumes et les fruits non plus selon le poids seul, mais aussi selon la teneur en produits nutritifs utiles. Ce jour-là, les recherches de Gustafson, précisant les conditions qui augmentent la teneur en vitamines des plantes (températures basses, présence de pigments anthocyaniques) prendront leur plein intérêt.

Pour l'instant, seule l'industrie se préoccupe de ces questions. Soit, par exemple, l'industrie sucrière. Les betteraves sont payées au producteur d'après la quantité de sucre qu'elles contiennent. Cette quantité de sucre est elle-même fonction du climat. Une étude minutieuse, faite par Ulrich dans le Phytotron, a montré que la teneur en sucre de la racine de betterave diminue de 12 à 7 pour 100 lorsque la température de la nuit augmente de 2° à 30° C (fig. 17, courbe A). Les basses températures sont donc favorables à la production sucrière, raison pour laquelle on récolte les betteraves le plus tard possible (jusqu'en novembre). Mais, si la richesse en sucre augmente à mesure que la température baisse, en revanche la racine pousse de moins en moins (fig. 17, courbe B). Pour atteindre la récolte maximum en sucre, il faut donc combiner teneur en sucre et grosseur de racine : c'est la courbe C dont l'optimum correspond à une température de nuit de 14° C. En résumé, choisir correctement la température de nuit permet de faire varier la récolte en sucre du simple au double.

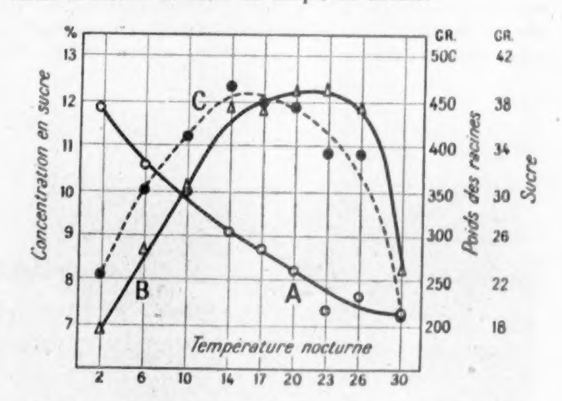


Fig. 17. — *Action de la température nocturne sur la betterave.*
Action de la température nocturne : sur la teneur en sucre (*courbe A*), sur la grosseur de la racine (*courbe B*) et sur la récolte totale en sucre (*courbe C*) (D'après ULRICH).

Conclusion. — L'influence exercée par le climat sur la croissance des plantes a été reconnue par les jardiniers et les agriculteurs depuis les temps les plus anciens. Mais il était difficile d'expliciter cette influence avec la précision scientifique réclamée de nos jours.

A cet égard l'horticulture et l'agriculture demeuraient un « art » et n'étaient pas une « science ». La technique des serres est restée stationnaire depuis des centaines d'années. Malgré des perfectionnements de détail, nos serres d'aujourd'hui sont encore ce qu'étaient les « orangeries » du XVII[e] siècle : des pièces pour garder les plantes au chaud pendant l'hiver. Avec le Phytotron un grand progrès se réalise dans la technique des serres comme dans l'étude des effets du climat. A la suite des réalisations de Pasadena, d'autres phytotrons en miniature ont été réalisés à Liège (Belgique), à Tubingen (Allemagne), en Afrique du Sud; des chambres climatisées existent à l'Université de Harvard (U. S. A.); sur leur demande, les savants soviétiques ont reçu les plans du Phytotron. On peut espérer que la France suivra sans trop tarder ces exemples.

J. P. Nitsch,
Ingénieur agronome, Docteur ès Sciences.

Wagons pour pondéreux

Les wagons à marchandises furent longtemps de silhouettes classiques : un type plat, simple plateforme; un type tombereau, caisse sans couvercle; un type couvert par un toit, tous sur quatre roues, de faible longueur et de petite capacité. Le type couvert évoque pour les anciens soldats le souvenir de leurs mobilisations et de leurs transports militaires, avec l'inscription fatidique : chevaux (en long) 8, hommes 40.

Tout ce matériel disparaît peu à peu : les plateformes et les caisses s'allongent; les roues sont remplacées par des bogies; les charges par essieu augmentent à mesure que la voie ferrée s'améliore; des matériaux plus résistants et plus légers accroissent le rendement d'exploitation en agrandissant le rapport charge utile/tare.

L'évolution se fait dans deux sens opposés. D'une part, les besoins de la communauté économique européenne ont conduit l'Office de recherches et d'essais de l'Union internationale des chemins de fer à retenir six types seulement de wagons de marchandises pour les constructions nouvelles dans toute l'Europe. D'autre part, la multiplicité des besoins spéciaux a suscité des adaptations variées qui vont jusqu'à changer l'aspect du matériel roulant.

On parle souvent de la concurrence que la route fait au rail, l'automobile au chemin de fer, mais elle ne peut s'étendre aux transports de « pondéreux » : charbons, minerais, pierres et matériaux de construction, amendements et engrais, produits chimiques et métallurgiques, sels, betteraves et sucres. Pour ces grandes masses, le rail reste roi, sans conteste, surtout quand la batellerie manque. On peut se faire une idée de l'importance de ce trafic par quelques données statistiques. En 1951, le chemin de fer transporta en France 176 millions de tonnes de marchandises sur un parcours moyen de 257 km, soit 45 milliards de tonnes-kilomètres. Ce service nécessita 13,5 millions de chargements de wagons portant chacun 13,1 t en moyenne, groupés en trains de 805 t. La plupart des produits étaient chargés par wagons complets et se répartissaient ainsi (en millions de tonnes) :

Produits métallurgiques et minerais	44,0
Combustibles minéraux	50,1
Matériaux de construction	12,8
Engrais	9,0
Céréales et denrées	5,8
Vins et boissons	3,2
Divers	40,8
	165,7

On voit la part considérable des « pondéreux » dans l'activité des chemins de fer. En 1951, ils ont représenté 75 pour 100 du trafic total, 61,5 pour 100 du tonnage kilométrique total et ont fourni 55 pour 100 des recettes des transports de marchandises. Cela explique que M. R. Dugas, directeur des études générales de la S.N.C.F. leur ait consacré un chapitre spécial dans *L'Année ferroviaire 1953* (1).

Le parc commercial français compte 163 400 wagons couverts, 208 100 wagons découverts, 7 100 wagons spéciaux, 38 700 wagons de particuliers. La plupart sont à deux essieux; 146 000 sont des tombereaux, dont 139 000 peuvent supporter une charge de 20 t et plus; les plus modernes, au nombre de 40 000, ont une charge utile de 30 t pour une tare de 10 t. D'autres sont de types plus spécialisés; sans parler des wagons à primeurs, des wagons réfrigérants, des wagons plats de grande longueur pour le transport des rails, des poutres, des

1. Plon, éditeur, Paris, 1953.

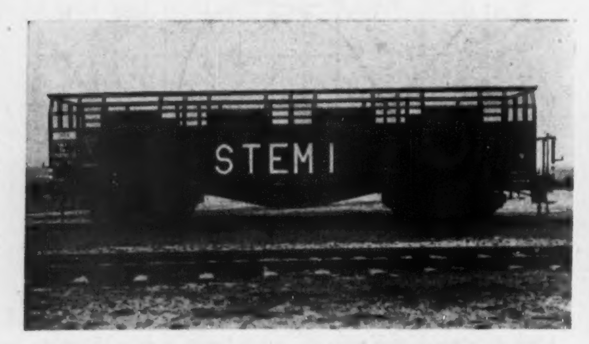


Fig. 1. — *Wagon-tombereau à 8 portes pour le transport des pondéreux.*

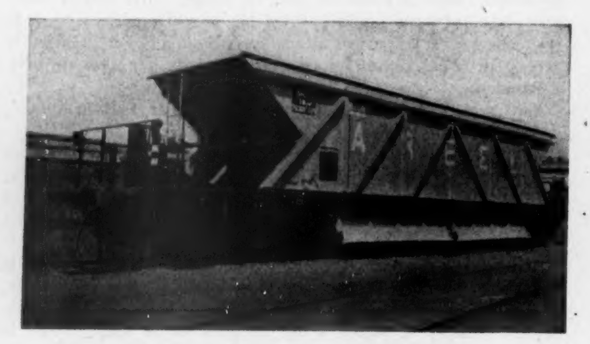


Fig. 2. — *Wagon de 77 m³ à caisse armée pour le transport de la houille.*

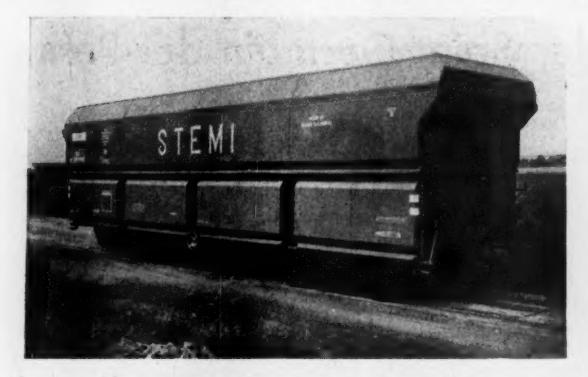


Fig. 3. — *Wagon à caisse en alliage d'aluminium.*



Fig. 4. — *Wagon étanche pour le transport de l'alumine.*

bois en grume, on a vu apparaître des wagons de grande capacité spécialement étudiés pour le transport, le chargement et le déchargement de divers « pondéreux »; tous doivent s'intégrer dans le gabarit et la portance de la voie mais ils recherchent de diverses façons l'économie de métal et de poids, la résistance aux pressions et aux chocs, la commodité des manipulations. M. Dugas en signale cinq types très différents réalisés en ces dernières années.

En allongeant la caisse et surélevant les bords, on a créé des wagons-tombereaux pour le coke, montés sur bogies, où l'on peut charger en vrac 44 t pour une tare de 22 t seulement; le déchargement est rapide, disposant de quatre portes coulissantes de chaque côté (fig. 1).

D'autres wagons de grande capacité présentent un dispositif de déchargement automatique tout le long de la caisse et sur les deux côtés au moyen d'une trémie en dos d'âne.

D'autres encore ne s'ouvrent de chaque côté qu'entre les bogies et ont une caisse armée de poutrelles extérieures liées au châssis, dont le renforcement augmente la résistance aux charges. La figure 2 montre un de ces wagons d'une capacité de 77 m³, pouvant transporter 56 t de houille pour une tare de 24 t.

Plus poussée encore est la recherche de la résistance dans le wagon de la figure 3, dont les parois en alliage d'aluminium abaissent la tare à 15 t pour une charge utile de 65 t; le prototype est entré récemment en service.

Enfin, pour le transport de l'alumine des gisements à ses usines électriques de transformation des Alpes et des Pyrénées, la société Pechiney a fait construire des wagons étanches très profilés, d'une capacité de 71 m³, pouvant recevoir 65 t de minerai pour une tare de 15 t (fig. 4). On les décharge automatiquement par un jet d'air comprimé. Un de ces wagons a supporté sans dommage une vitesse de 100 km/h en dévalant accidentellement une forte pente.

On voit par ces quelques exemples la diversité des wagons de marchandises où l'on tend depuis quelques années. On la rapprochera des efforts d'adaptation des wagons-citernes, des navires de charge, des moyens de manutention mécanique dont *La Nature* a déjà parlé. Partout, on cherche l'économie de matière et de force, la réduction de la main-d'œuvre et par là la diminution des prix de revient. Cette spécialisation stricte s'oppose à la généralisation des services qu'on demandait aux anciens matériels. Les chevaux en long, les hommes n'ont plus place dans les wagons de marchandises modernes.

Pour que ces progrès aient toute leur valeur, il faut aussi que le matériel trouve son plein emploi et que sa rotation soit rapide.

Les trains complets de wagons chargés à 20 t par essieu ne passent pas partout. On s'applique à améliorer les voies qu'on renouvelle ou qu'on répare pour leur faire supporter une telle charge. Déjà plusieurs milliers de kilomètres de lignes peuvent admettre de tels wagons pleins : les grandes voies de Paris à Calais, Lille, Mézières, Givet, Strasbourg, Mulhouse, Chambéry, Marseille et Vintimille, Toulouse, Bordeaux et le Lacq, Saint-Nazaire, la ceinture de Paris, les transversales Lille-Thionville-Strasbourg, Laon-Reims-Chaumont-Dijon, Tours-Saincaize; on pense y connecter les gares minières, les grands ports, les embranchements des centres de grandes industries lourdes.

La pleine utilisation du matériel nécessite des transports massifs, par trains complets, du carreau des mines, des sorties de carrières aux usines de transformation, des chargements et des déchargements rapides, des retours du matériel vide sans délais. C'est un plan complexe à tracer, à minuter, une sorte d'horaire à intégrer dans celui de la S.N.C.F. Une loi du 15 octobre 1940 a confié à la Société de gérance des wagons de grande capacité (S.G.W.) la gestion d'un parc de plus de 8 000 wagons de 30 à 65 t de charge utile. La société groupe les industriels propriétaires de wagons qu'ils utilisent, les sociétés propriétaires de wagons qu'elles louent et la S.N.C.F.; elle dresse chaque mois le programme des transports, fixe les redevances, pénalise les retards et les parcours irrationnels; elle coordonne ainsi tous les transports de pondéreux, par trains entiers, en wagons spéciaux ou en wagons-tombereaux ordinaires. Elle a transporté près de 30 millions de tonnes en 1951, avec un tonnage kilométrique moyen sans cesse croissant. Elle intervient ainsi au mieux dans les approvisionnements et les prix de revient de l'agriculture et des grandes industries.

D. C.

La houille du Jura et des Alpes

Des sondages ont permis de reconnaître la structure du sous-sol du Jura aux environs de Lons-le-Saulnier. Ils ont recoupé le houiller à Lavigny, sous 700 m de terrain permien, avec une couche de charbon de 0,80 m de puissance. Un sondage a traversé plusieurs couches de houille, à Couliège et à Perrigny, à des profondeurs de 750 à 1 100 m. Les Charbonnages de France ont précisé que la qualité du charbon du Jura est analogue à celle des gisements de Lorraine. La réserve probable serait de l'ordre d'une centaine de millions de tonnes.

D'autres recherches se poursuivent dans les Alpes, de Briançon à Bourg-Saint-Maurice. Le gisement reconnu semble abondant; il fournirait un anthracite d'assez bonne qualité mais pulvérulent et d'exploitation difficile.

Découverte de la façade du réfectoire gothique de Saint-Germain-des-Prés

Une découverte archéologique d'un caractère tout à fait exceptionnel vient d'être effectuée en plein Paris, dans l'enceinte de l'ancienne abbaye de Saint-Germain-des-Prés. Il ne s'agit de rien de moins que de la façade ouest du réfectoire abbatial que l'on croyait avoir été complètement détruit vers 1802.

* * *

Rappelons brièvement que le réfectoire de Saint-Germain-des-Prés, qui constituait un des chefs-d'œuvre de Pierre de Montereuil, avait été édifié en 1239. La chapelle voisine de la Vierge (également démolie en 1802) était due au même architecte dont les autres productions parisiennes, la Sainte-Chapelle du Palais et le réfectoire du prieuré de Saint-Martin-des-Champs, ont été par miracle conservées. Le réfectoire de Saint-Germain-des-Prés, qui mesurait 37 m de longueur sur 15 m de large et 10 m de haut, n'était pas sans évoquer un édifice qui lui est tout à fait contemporain et qui a subsisté, mais considérablement restauré par Viollet-le-Duc : à savoir le palais synodal de l'archevêché de Sens. Les sept travées du bâtiment parisien étaient percées, au-dessus d'un soubassement nu, de hautes fenêtres qui comprenaient, sous une vigoureuse archivolte en arc lorisé, deux arcades reposant sur de minces colonnettes et surmontées d'un oculus polylobé. Les murs-pignons étaient dotés de vastes fenestrages identiques que couronnait un troisième oculus dont le dessin était semblable aux autres. L'intérieur formait une vaste salle unique, dépourvue de piliers, et dont la grande hardiesse architecturale et la beauté décorative auraient été célébrées par les auteurs classiques eux-mêmes, pourtant fort peu suspects d'enthousiasme à l'égard du style gothique. C'est ainsi que Piganiol de la Force soulignait, au milieu du XVIIIe siècle, la qualité des vitraux « qui sont d'un verre épais et peints d'une manière agréable ». Il insistait en outre sur le caractère particulier de la chaire du lecteur, « supportée par un cul-de-lampe de pierre, chargé d'un grand cep de vigne dont les branches et les feuilles sont si bien vidées qu'on y voit le jour partout ». A côté de cette chaire se dressait une colonne de pierre « très déliée » dont le chapiteau portait « des éléments d'architecture d'une telle délicatesse qu'ils paraissent comme suspendus en l'air ».

Le 12 février 1794, l'abbaye de Saint-Germain-des-Prés, ou plutôt la « ci-devant abbaye Germain », devenait la raffinerie de salpêtre de l'Unité. Alors que les tonnes à lessivage, les fourneaux, les cuvettes pour la cristallisation et les rigoles pour l'écoulement des eaux encombraient et défiguraient la



Fig. 1. — *Démolition du réfectoire, vers 1802.*
La façade occidentale que l'on vient de dégager, invisible sur ce document, est située en retour d'angle de la façade méridionale dont on aperçoit la fenêtre au premier plan à gauche. Plus à droite, revers de la façade orientale dont la fenêtre était semblable à celle de la façade occidentale. A l'extrême-droite, pignon de la chapelle de la Vierge (Aquarelle de la *Bibliothèque nationale, Estampes*).





Fig. 2, 3 et 4. — *État actuel de la façade du réfectoire gothique de Saint-Germain-des-Prés.*
A gauche, partie supérieure de la fenêtre et de son oculus polylobé. *Au milieu*, partie médiane de la fenêtre ; la baie de droite, partiellement *dégagée*, laisse apparaître, avec son décor, l'ensemble de ses barbotières anciennes. *A droite*, oculus polylobé de la baie de droite, muni de ses barbotières.
(*Photos* Gilbert Houel, juin 1953).

pauvre église romane, on n'hésitait pas à entreposer quinze mille livres de poudre dans le réfectoire gothique.

Six mois plus tard, le 19 août très exactement, l'incendie éclatait dans le réfectoire. La bibliothèque ne devait pas résister à la catastrophe. Dix mille volumes de la célèbre collection des Bénédictins furent pourtant sauvés des flammes et des eaux grâce à l'héroïsme d'un savant religieux de l'abbaye : Dom Germain Poirier.

Vers 1802, on perça la plus vaine des rues à travers le grand cloître qui s'étendait au nord de l'église : ce fut la rue de l'Abbaye. Ce percement inconsidéré consomma la destruction d'un ensemble monumental incomparable. Sans cette gratuite opération, l'abbaye de Saint-Germain-des-Prés tout entière eût pu subsister jusqu'à nos jours, la création du boulevard Saint-Germain, sous le Second Empire, n'ayant entraîné que la démolition de bâtiments annexes, de construction plus tardive.

C'est donc vers 1802 que furent abattues la chapelle de la Vierge et les ruines du réfectoire incendié. On pensait que rien n'avait subsisté de ce dernier bâtiment, des maisons ayant été construites à son emplacement. Or, en réparant le mur oriental de la cage d'escalier d'un immeuble situé au 16 de la rue de l'Abbaye, on vient d'avoir l'extrême surprise de mettre à jour les éléments décoratifs du mur-pignon occidental de l'admirable réfectoire. Par mesure d'économie, les architectes du début du XIXe siècle avaient conservé ce mur afin d'y adosser les maisons qu'ils avaient été chargés de construire...

Ainsi fut préservé ce précieux vestige du XIIIe siècle. A l'heure où nous écrivons, les services d'architecture de la ville de Paris (à qui appartient l'immeuble), font soigneusement dégager les fermes arcades gothiques dont nous avons décrit la composition et qui, peu à peu, apparaissent sous le grossier manteau de moellons qui les dissimulaient depuis un siècle et demi. Ce que l'on peut voir dès maintenant est très beau, et en dépit des mutilations partielles, l'ensemble paraît relativement bien conservé. On ne peut cacher son émotion à voir renaître ce grand et simple décor du XIIIe siècle dont aucune restauration sacrilège n'a modifié la plastique et le modelé originels. Qui plus est, les baies et les oculi ont conservé jusqu'à leurs barbotières primitives, c'est-à-dire les barres de fer auxquelles étaient fixés les vitraux disparus. En outre, les travaux ont permis de découvrir, au sud du pignon, la moitié orientale de la « vis » qui le flanquait; sur le mur incurvé de celle-ci, on distingue nettement l'emplacement des marches.

Espérons qu'une fois assurés les consolidations et les rejointoiements indispensables, on ne s'avisera point de reconstituer les parties manquantes, ou de gratter l'ensemble, ce qui serait anéantir l'authenticité de l'œuvre de Pierre de Montereuil que le ministère des Beaux-Arts se doit de faire rapidement classer parmi les monuments historiques.

Ajoutons qu'une découverte du même ordre pourrait être faite dans l'immeuble situé au 10 de la même rue où, pour des raisons semblables, la façade orientale du réfectoire abbatial avait été épargnée par les démolisseurs de 1802. Des sondages devraient être effectués dans le mur qui s'élève en bordure de la cour de cet immeuble afin de s'assurer de l'existence de ces seconds vestiges.

*
* *

On ne peut envisager, du moins à l'heure actuelle, de détruire le méchant (mais nécessaire) escalier qui s'appuie au mur-pignon occidental. Il n'est pas interdit toutefois d'envisager un avenir, certainement lointain, qui verrait le dégagement total de la façade du XIIIe siècle, grâce à la suppression de l'escalier et du corps de bâtiment qui dissimule encore la moitié de la partie gauche de cette façade. Quoi qu'il en soit, réjouissons-nous de l'heureuse initiative prise par les services d'architecture de la Ville de Paris et saluons le merveilleux hasard qui nous vaut la découverte, en 1953, d'un des témoins les plus imprévus et les plus précieux de l'antique abbaye de Saint-Germain-des-Prés.

Yvan Christ.

Papiers anti-corrosifs

La « Shell » américaine a mis au point un produit (V.P.I. 260) qui, déposé en couche mince sur des papiers d'emballage, transforme ceux-ci en papiers anti-corrosifs utilisables pour la protection des pièces et surfaces métalliques durant leur stockage ou leur transport. Ce produit volatile s'évapore et diffuse lentement à l'intérieur des emballages ; les vapeurs ainsi produites se déposent sur les pièces et forment une pellicule gazeuse invisible et protectrice ; le V.P.I. est de plus légèrement soluble dans l'eau qu'il rend ainsi non corrosive. L'emploi de ce type de papier anti-corrosif présente de grands avantages sur les procédés anciens (enduits de graisses, d'huiles ou de vernis) et permet l'utilisation immédiate des pièces sans nettoyage préalable.

LES ÉTOILES VARIABLES

L'UNIVERS qui nous entoure n'est pas immuable. Le ciel n'est pas ce plafond étoilé qui abritait l'imagination des Anciens. Non seulement la position des étoiles n'y est pas aussi fixe qu'on l'a longtemps supposé, mais encore leur éclat n'est pas constant. Certaines étoiles peuvent varier d'éclat d'une façon régulière, périodique, d'autres apparaître brusquement dans le ciel, d'autres enfin, s'éteindre à notre vue...

Ces étoiles « nouvelles » sont connues depuis longtemps : depuis un millénaire, on suit l'évolution d'une étoile nouvelle fort remarquable : lors de son apparition, elle était visible en plein jour et le resta quelque temps. Maintenant cette étoile, peu brillante, est visible au centre de la célèbre nébuleuse du Crabe à laquelle son explosion avait donné naissance. A cette remarquable « supernova » (découverte en 1062 par les astronomes chinois) vint s'ajouter en 1572 l'étoile de Tycho-Brahé, plus brillante, lors de son explosion, que la planète Vénus et maintenant encore visible. De nos jours, c'est chaque année plusieurs « novae » plus ou moins remarquables dont l'apparition est signalée par les astronomes du monde entier.

C'est au début du XVIIe siècle que la première étoile variable (périodique) a été signalée (avant cette date, les catalogues n'étaient pas assez précis pour que les observateurs pussent déceler des modifications des éclats stellaires). Cette étoile o (ou Mira) Ceti est connue actuellement comme le type d'une classe d'étoiles variables. Mais ce n'est guère qu'au XIXe siècle, sous l'influence d'Argelander, que les progrès des méthodes d'estimation des éclats stellaires ont permis l'étude systématique des étoiles variables. En 1915, on connaissait 1 700 variables; en 1937, 7 000 (catalogue de Prager). Les catalogues actuels (Kukarkin) en contiennent environ 20 000.

Détection et observation. — Comment peut-on rechercher systématiquement dans le ciel celles des étoiles dont l'éclat est variable ? La méthode la plus fructueuse est certainement

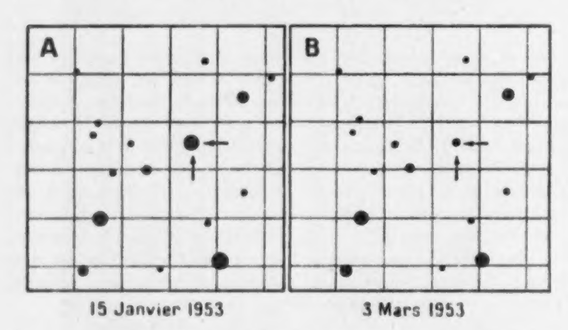


Fig. 1. — *La même région du ciel à plusieurs semaines d'intervalle.* Entre le moment où le cliché A a été pris et celui où l'on a obtenu le cliché B, l'étoile marquée de deux flèches a sensiblement diminué d'éclat ; cette étoile est donc variable.

l'utilisation du « blink microscope » (fig. 1 et 2). Certains observatoires, spécialisés dans la photographie du ciel, prennent à plusieurs années ou à plusieurs mois de distance des clichés de régions déterminées du ciel. A l'aide du blink microscope on regarde successivement, et en changeant très souvent, chacune des deux plaques obtenues. Celles des étoiles qui n'ont pas varié ont sur chaque plaque le même noircissement et semblent tout à fait stables quand on passe d'une image à l'autre. Tel n'est pas le cas pour les étoiles variables dont l'image semble clignoter pendant cette opération : ce que la nature fait en plusieurs mois, le blink microscope le

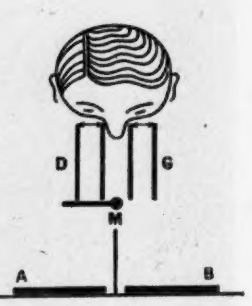


Fig. 2. — *Principe du blinkmicroscope.* Les clichés A et B, représentant la même région du ciel à des époques différentes, sont vus en coïncidence, chacun par un œil ; le dispositif M cache rapidement tantôt l'un, tantôt l'autre des deux clichés ; l'image d'une étoile variable paraît alors scintiller.

reproduit en une fraction de seconde, et, par là, nous le rend plus sensible.

Quand une étoile variable est ainsi repérée, des années d'étude suivie sont parfois nécessaires. L'observateur, chaque nuit, mesure l'éclat de l'étoile — visuellement ou par photographie — par comparaison avec celui d'étoiles non variables, considérées comme repères. Il peut ainsi tracer la courbe de

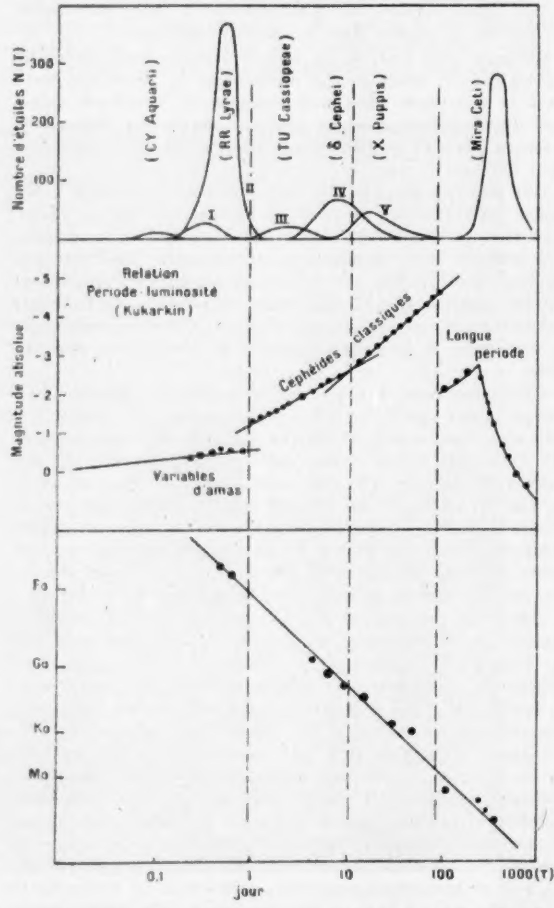


Fig. 3. — *Variations de diverses caractéristiques avec la période.* En haut, le nombre d'étoiles N(T) de période comprise entre T et ΔT ; on voit trois familles apparaître nettement : les RR Lyræ, les δ Cephei, les Mira Ceti. Cette distribution se retrouve au milieu, pour la relation période-luminosité, mais non en bas, pour la relation type-période.

lumière de l'étoile. Le plus souvent possible, il sera désirable, si l'étoile est assez brillante, d'étudier non seulement son éclat, mais aussi sa couleur, ou même son spectre. L'étude des étoiles variables occupe aujourd'hui un grand nombre d'astronomes et d'astrophysiciens, et toutes les techniques, depuis l'observation visuelle jusqu'aux cellules modernes à multiplicateurs d'électrons, permettent d'accumuler une masse énorme de documents sur ces étoiles, dont nous allons voir tout l'intérêt.

Nature et caractéristiques fondamentales. — A côté des *novae* et *supernovae*, dont la courbe de lumière n'a rien de régulier, et que nous n'étudierons pas, les étoiles variables sont elles-mêmes de natures très diverses. Certaines ont réellement un éclat intrinsèque variable. D'autres ne sont variables que parce qu'elles sont occultées, à intervalles réguliers de temps, par une étoile compagnon, plus sombre. Nous laisserons de côté ce dernier cas (étoiles « binaires à éclipse »); l'allure très différente de leurs courbes de lumière ne laisse place à aucune confusion possible avec les étoiles intrinsèquement variables dont nous allons parler.

Rappelons que l'éclat d'une étoile est caractérisé par sa *grandeur* ou, en termes plus scientifiques, sa *magnitude*. La différence des magnitudes de deux étoiles est proportionnelle au logarithme du rapport des éclats de ces deux étoiles :

$$m_1 - m_2 = 2{,}5 \log \frac{E_2}{E_1} \text{ (loi de Pogson).}$$

Une certaine étoile variable sera caractérisée par sa *courbe de lumière* c'est-à-dire par la variation de la magnitude avec le temps (fig. 4 et 5).

Pour la plupart des étoiles variables, cette courbe de lumière se reproduit, identique à elle-même, à des intervalles de temps réguliers. La *période* de cette variation est une grandeur d'un intérêt considérable. Les périodes varient, selon les étoiles, de quelques heures (parfois quelques minutes seulement) à des centaines de jours (fig. 3).

De façon générale, pour certaines valeurs de la période, on trouve un nombre, grand ou petit, d'étoiles. La courbe représentant la fonction N(T) (nombre d'étoiles de période comprise entre T et T + ΔT) présente plusieurs maxima (fig. 3), ce qui semble d'ores et déjà prouver que ces étoiles variables peuvent se diviser en plusieurs groupes de natures physiques assez nettement différentes. Ces différences entre les périodes se manifestent aussi par des caractères spectraux différents, comme par des formes différentes de la courbe de lumière (fig. 6).

Nous allons passer en revue les étoiles variables des classes ainsi mises en évidence.

Céphéides classiques du type δ Cephei. — Un des premiers astres reconnus variables fut l'étoile δ de la constellation de Céphée. Cette étoile fut vite identifiée même comme une variable intrinsèque et on a par la suite désigné par le terme « Céphéide » toute variable analogue à δ Cephei, de période inférieure à 100 jours environ.

Sur la figure 6, on a reproduit la courbe de lumière de différentes céphéides. On voit que sa forme évolue avec la période. Pour certaines de ces étoiles, la courbe de lumière présente un accident entre le minimum et le maximum (η Aquilae). Si la période varie dans d'assez grandes limites, l'amplitude de la variation reste toujours de l'ordre d'une magnitude. L'allure de ces courbes a permis de classer les céphéides en cinq types. Si on trace la fonction de répartition N(T) (fig. 3) on voit que ces cinq groupes se divisent en deux classes. Ceci prouve peut-être le caractère artificiel de la division en cinq types.

Entre les céphéides à courte période (I, II) et les autres, il existe des différences très marquées. Pour les premières, la courbe de lumière n'est pas constante d'une période à l'autre : elle se déforme elle-même avec une certaine périodicité. Ainsi l'étoile AR Herculis admet les périodes 11 heures et 31,5 jours.

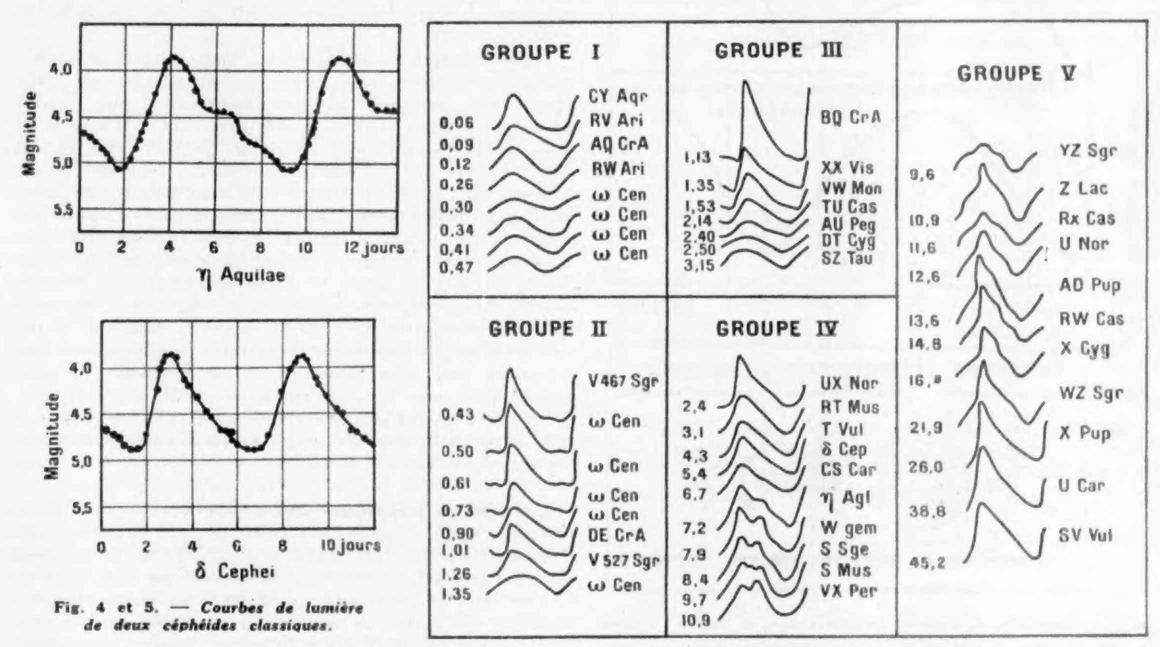


Fig. 4 et 5. — ***Courbes de lumière de deux céphéides classiques.***

Fig. 6. — ***Courbes de lumière de diverses étoiles variables de périodes comprises entre 0 et 50 jours.***

Les groupes I et II sont des RR Lyræ ; les autres sont des céphéides classiques. La période est notée à gauche de chaque courbe, le nom de l'étoile à droite (plusieurs étoiles appartenant à l'amas ω du Centaure sont désignées par le nom de cet amas) ; en ordonnées, la magnitude, à la même échelle pour toutes les étoiles ; en abscisses, le temps, la période étant prise pour unité.

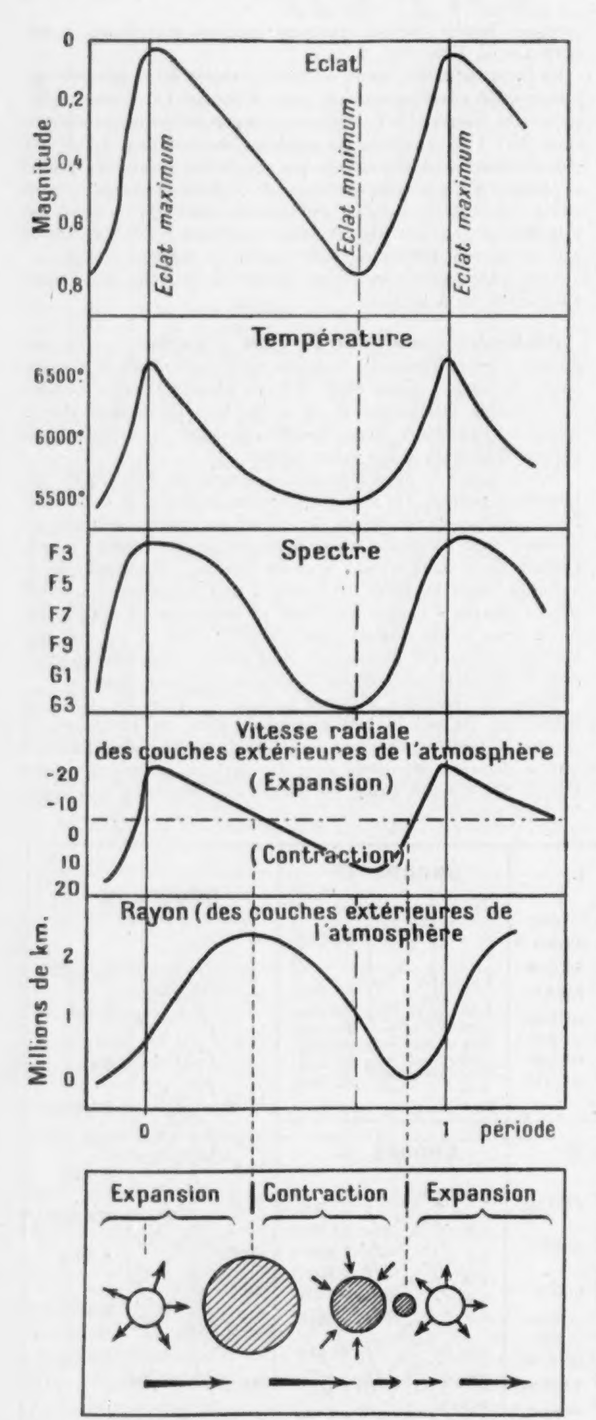


Fig. 7. — *Variations de quelques caractéristiques de l'étoile δ Cephei.* De l'éclat on déduit la température. De la vitesse radiale (vitesse d'éloignement ou de rapprochement par rapport à nous, calculée par le déplacement des raies du spectre), on déduit les variations du rayon, résultat d'ailleurs controversé. *En bas*, schéma montrant l'aspect de l'étoile pulsante aux différentes phases de sa variation.

De plus la période n'est pas constante. Ainsi RZ Cephei, de période $7^h29^m28^s,76$ en 1898, voit en 1901 sa période diminuer de $3^s,98$, augmenter de $4^s,33$ en 1916, puis de $1^s,84$ (1923). Depuis 1923, cette période est restée constante.

Au contraire, les céphéides de période un peu plus longue (quelques jours) semblent avoir une variabilité très stable et bien définie.

La relation période-luminosité. — En 1912, Miss Leavitt fit à Harvard une découverte dont le retentissement fut considérable : 25 céphéides, qui appartenaient au petit amas de Magellan, sorte de satellite de notre Galaxie, étaient étudiées. Ces étoiles, toutes à la même distance de nous, avaient donc des éclats absolus proportionnels à leurs éclats apparents. Et Miss Leavitt montra que ces éclats sont liés de façon étroite à la période de l'étoile étudiée. Entre la période et la luminosité existe donc une relation. La difficulté restait alors de connaître le « zéro » de la relation période-luminosité, c'est-à-dire l'éclat *vrai*, absolu, d'une céphéide de période donnée. Hertzsprung, puis Shapley avec plus de précision, arrivèrent à obtenir cette relation, avec une précision d'une demi-magnitude. Shapley montra que cette relation était valable pour toutes les céphéides de la Galaxie, ou d'autres Spirales, pas seulement pour le petit amas de Magellan.

Cette étude apparut à ce moment comme d'une importance fondamentale. En effet, il devint évident aux yeux de Shapley que la loi obtenue permettait de considérer *la mesure de la période* d'une céphéide, comme une *mesure de sa luminosité absolue*.

A partir de la mesure toujours possible de la luminosité apparente (ou de la magnitude apparente), il devint donc possible de mesurer la distance d'une céphéide quelconque. En particulier, il devint possible de mesurer la distance de celles qui appartiennent à des nébuleuses spirales lointaines, ou à des amas d'étoiles, donc la distance même de ces spirales ou de ces amas. L'étude des céphéides était devenue une façon de sonder l'univers.

Depuis l'époque des recherches de Shapley (1915) la relation période-luminosité a été améliorée par son extension aux variables des amas; également par une détermination plus correcte du « zéro » de la relation période-luminosité : Mineur le fit à partir de considérations statistiques précises. Puis surtout Baade montra que les éclats apparents des céphéides étaient sous-estimés : en effet ces étoiles sont, dans toute galaxie, environnées de matière interstellaire absorbante qui fait baisser leur éclat apparent d'une magnitude environ. L'éclat vrai étant ainsi sous-estimé, la relation période-luminosité doit être modifiée et les distances qu'on en déduit également : ces distances doivent être multipliées par un facteur voisin de 2. Signalons que cette découverte, assez récente (1951), a permis de réviser nos idées sur les dimensions des galaxies : celles-ci sont plus lointaines, donc plus grosses qu'on ne le pensait, et notre galaxie perd alors la place privilégiée qu'elle semblait occuper : elle n'est pas plus grosse que ses sœurs et n'est qu'une galaxie parmi les autres, tout comme notre soleil n'est qu'une étoile des plus banales.

Caractères physiques des céphéides. — Nous avons examiné jusqu'à maintenant l'éclat et ses variations, seul moyen d'étude des céphéides. C'est en effet l'éclat que l'on peut toujours mesurer, si faible soit la lumière qui nous vient de l'étoile. Mais il est possible, pour bien des étoiles variables, d'obtenir des indices de couleur, ou même des spectres, permettant d'en connaître mieux la nature. Pendant une période en effet, l'éclat varie, mais aussi la couleur de l'étoile, et dans son spectre la longueur d'onde des raies et leur intensité.

De façon générale, au minimum d'éclat, l'étoile est plus

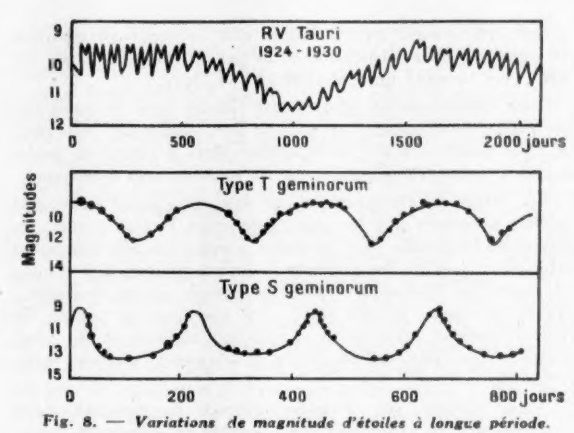


Fig. 8. — *Variations de magnitude d'étoiles à longue période.*

RV Tauri est très irrégulière. T et S Geminorum, quoique de même période, ont des courbes de variation très différentes.

rouge qu'au maximum. Ceci correspond, on le sait, à un refroidissement [1]. Entre le maximum et le minimum d'éclat, δ Cephei s'est refroidie d'environ 1 000°. En même temps, son type est passé de A (maximum) à F (minimum). Les raies spectrales se déplacent dans le spectre et, de ce déplacement, on déduit que l'atmosphère de l'étoile se déplace dans son ensemble vers nous (minimum d'éclat) ou en sens inverse (maximum d'éclat). Le maximum d'éclat correspond à peu près au rayon le plus petit qu'a l'étoile pendant cette *pulsation*. La pression dans l'atmosphère, calculée grâce à l'étude de l'intensité des raies spectrales, varie aussi et devient d'autant plus faible que le rayon est plus grand (fig. 7).

Tous ces phénomènes ont été utilisés pour démontrer que les céphéides sont des étoiles *pulsantes*. Ritter (1879), puis Shapley (1914) et Eddington (1919) ont établi que l'hypothèse de la pulsation était la seule capable de rendre compte de l'ensemble des phénomènes observés. La théorie d'Eddington a même permis de prévoir une relation *période-densité* ($T\sqrt{d}$ = constante) que Eddington lui-même, Payne-Gaposhkin et Siedentopf ont vérifiée dans un grand nombre de cas.

Pourtant certaines difficultés restaient non résolues. Ainsi l'accident de la courbe de lumière des étoiles du type de η Aquilae, restait un phénomène inexpliqué. En 1937, Schwarzschild proposa d'interpréter ce phénomène en supposant qu'à chaque période, des *ondes de choc* analogues à celles qui peuvent suivre une détonation, se propagent dans l'étoile, du centre vers l'extérieur. Les accidents de la courbe de lumière seraient dus à l'arrivée dans l'atmosphère de l'étoile de semblables ondes de choc.

Variables d'amas (type RR Lyrae). — Les étoiles variables que l'on trouve dans les amas globulaires (agglomération d'étoiles nombreuses et serrées dont l'ensemble a une forme à peu près sphérique) sont de façon générale des étoiles variables de *faible période* (exemple : étoiles de l'amas ω Centauri). Ces variables, qu'on appelle des *variables d'amas*, et dont le type est RR Lyrae, ont des caractéristiques souvent différentes des étoiles variables du type δ Cephei. En particulier elles ont deux périodes, l'une courte, l'autre longue, si bien que la courbe de lumière se déforme d'une période à l'autre, cette déformation se reproduisant, identique à elle-même, au bout d'un certain nombre de périodes.

1. Voir : J. C. Pecker, La température des étoiles, *La Nature*, n° 3214, février 1953, p. 33.

Variables à longue période (type Mira Ceti). — On trouve dans le ciel des étoiles rouges dont la période varie entre 200 et 400 jours pour la plupart : on en a même trouvé qui ont des périodes énormes de 720 jours (RU Lynx) et 1 380 jours (étoile de Mrs Mayall), soit près de 4 ans.

L'allure des courbes de lumière de ces étoiles est fort variable . Au contraire de ce qui se passait dans le cas des céphéides classiques, aucune relation bien nette ne peut être mise en évidence entre la période et la forme de la courbe de lumière (fig. 8).

Ces étoiles assez froides (de type M) ont des spectres riches en raies brillantes. Il semble qu'elles vérifient, comme les céphéides classiques, la loi période-densité d'Eddington. Peut-être sont-elles dues, elles aussi, à des pulsations ?

Autres étoiles variables. — Enfin, depuis qu'on étudie les étoiles variables, on en découvre sans cesse de nouveaux types.

Citons : — Les étoiles du type β Canis Majoris, peu variables, de période fort courte et dont la pulsation se fait sans doute à très grande vitesse. Ces étoiles sont de type B.

— Les étoiles du type RV Tauri, dont la période est d'une centaine de jours. Elles sont de type spectral K et nettement irrégulières (fig. 8).

— Les étoiles irrégulières à longue période comme V Ophiuchi ou R Centauri.

Bref, tous les types d'irrégularités se rencontrent entre les étoiles fixes ou même les sages variables du type δ Cephei, et les novae ou supernovae cataclysmiques. Nous n'entrerons pas dans les détails.

Les étoiles variables dans l'espace. — Nous avons vu que les amas globulaires contiennent plutôt des variables à courte période, les céphéides normales se rencontrant dans d'autres régions du ciel. Ainsi, la composition de l'univers n'est pas uniforme; fait à rapprocher de la grande diversité des processus d'évolution des étoiles qui le composent et de la

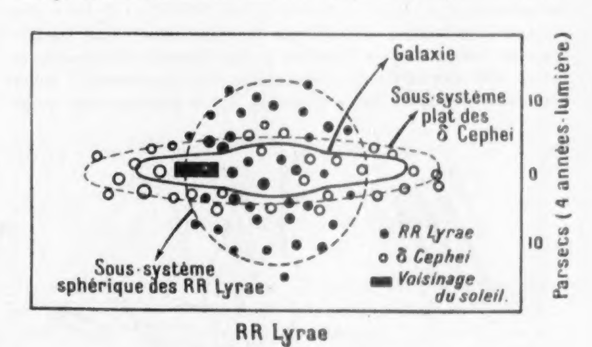


Fig. 9. — *Répartition des étoiles variables dans la Galaxie.*

Coupe schématique de la Galaxie selon un plan méridien ; les RR Lyræ (petits cercles noirs) et les δ Cephei (petits cercles blancs) constituent des ensembles de formes différentes.

diversité des âges des étoiles de différentes espèces. Ces différences peuvent être précisées dans le cas des céphéides.

Des statistiques, établies sur la répartition dans notre Galaxie d'étoiles de différents types, permettent en effet de montrer (Kukarkin) que les RR Lyrae sont concentrées dans les régions centrales de la Galaxie. Comme les amas globulaires, elles sont réparties d'une façon quasi sphérique, au contraire des étoiles normales de la Galaxie, qui forment dans leur ensemble une sorte de galette plate (fig. 9).

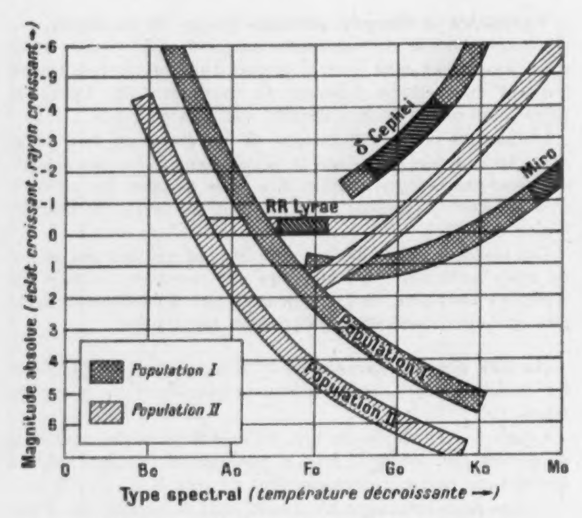


Fig. 10. — *Diagramme de Russel-Hertzsprung.*
Les populations I et II ont des diagrammes différents ; sur le diagramme on a situé les principales espèces d'étoiles variables.

Les céphéides du type δ Cephei sont au contraire réparties en galettes : elles forment un *sous-système plat* tandis que les RR Lyrae forment un *sous-système sphérique.*

Cette subdivision se retrouve par ailleurs pour de nombreuses catégories d'étoiles, variables ou non. Ces étoiles sont classées par Baade suivant leur répartition dans la galaxie en population I (sous-systèmes plats) ou II (sous-systèmes sphériques).

Les caractères physiques de ces deux groupes d'étoiles ont permis de penser que les unes (population I) sont jeunes, les autres de formation plus ancienne. Comme l'a fait remarquer Kukarkin, il existe des populations intermédiaires, tout comme il existe des adolescents entre les enfants et les hommes... Toute provisoire qu'elle soit, cette classification permet de percer certains mystères de l'évolution stellaire et de relier entre eux des phénomènes divers, mouvements, spectres, variations (fig. 10).

Ainsi l'étude des variables permet de préciser notre connaissance de l'évolution d'un univers en perpétuelle transformation. N'est-ce pas une raison suffisante pour accorder à ces astres une place importante dans la recherche astrophysique ?

JEAN-CLAUDE PECKER,
Maître de conférences
à la Faculté des Sciences de Clermont-Ferrand.

Les fausses-chenilles des Tenthrèdes et leurs mouvements collectifs

Il est assez fréquent dans la nature qu'un modèle typique soit répété dans plusieurs groupes d'animaux différents les uns des autres.

Un cas curieux est présenté par les Tenthrèdes, dont les larves sont dites « fausses-chenilles ». Ces Insectes Hyménoptères ont en effet des larves qui ressemblent très exactement à celles des Lépidoptères, ou vraies chenilles, à cela près que leur corps n'est presque jamais couvert de poils. Il faut un œil exercé pour les distinguer des chenilles par quelques petits détails : nombre des appendices abdominaux, ou fausses-pattes, présence d'un seul ocelle, au lieu d'un groupe d'ocelles, de chaque côté de la tête. Comme les chenilles, elles tissent un cocon dans lequel elles se métamorphosent, mais il en sort un insecte parfait qui a l'aspect d'une guêpe, donc bien différent d'un papillon.

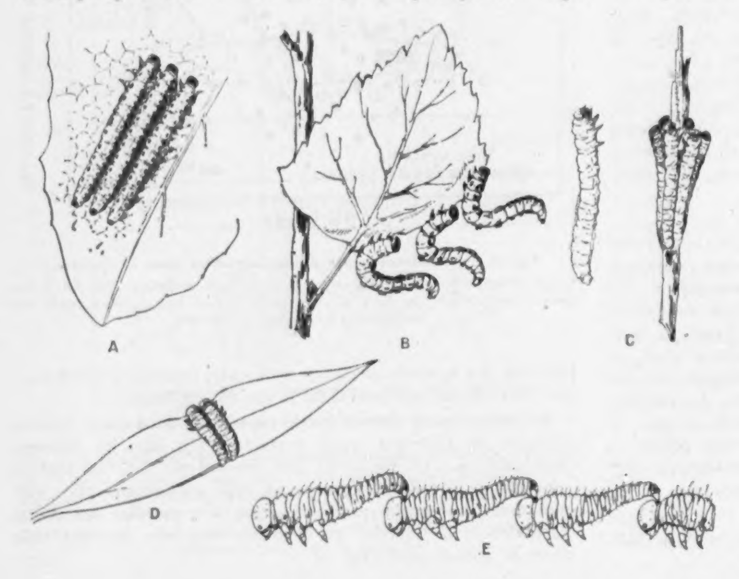


Fig. 1 (*ci-contre*). — ***Interattraction chez les larves de Tenthrèdes.***
A, *Trichocampa* ; B, *Crœsus* ; C, *Neurotoma* ; D, *Perga* ; E, une chaîne de *Perga* processionnaires.
(D'après le *Traité de Zoologie* de P.-P. GRASSÉ, t. X, fasc. 1, Masson).

Fig. 2 (*ci-dessous*). — **Crœsus latipes *adulte.***



Ces larves sont herbivores; elles vivent en général sur les feuilles de diverses plantes qu'elles dévorent, d'autres dans les rameaux d'arbustes, ou même dans certains fruits. De ce fait quelques Tenthrèdes sont nuisibles à des plantes cultivées : les cas les plus connus sont la Lophyre du Pin, la Tenthrède du Rosier, la Cèphe du Blé, les Hoplocampes du Poirier, du Pommier, du Prunier, etc.

Ces fausses-chenilles ont parfois des habitudes collectives (comme les vraies chenilles, d'ailleurs). Il en est qui vivent en commun dans des sortes de bourses de soie; la ponte a eu lieu sur les aiguilles de Pin de l'année précédente, les jeunes larves se réunissent dans une toile collective où chacune a une loge individuelle avec une issue spéciale, c'est le cas pour *Cephaleia abietis*; les larves de certains *Neurotoma* vivent aussi en colonies. D'autres ont coutume de se réunir à plusieurs exemplaires, étroitement accolés; c'est ce que représente la figure 1 A, où l'on voit trois larves de *Trichocampa* vivant côte à côte sur une feuille. Quelques espèces présentent ce phénomène d'inter-attraction et forment des figures curieuses (*Neurotoma*, fig. 1 C), ressemblant par leur réunion à un bouton floral.

Les larves des *Crœsus* sont connues comme ayant, outre ce rassemblement, des gestes collectifs et simultanés. L'insecte adulte, qui n'est pas très rare, se remarque par la dilatation des pattes postérieures (fig. 2). Les larves vivent sur le bord des feuilles de certains arbres (Bouleau, Aulne, etc.), où elles sont disposées à des distances à peu près égales les unes des autres; de temps en temps elles exécutent toutes ensemble un mouvement très curieux, comme on le voit sur la figure 1 B et sur la photographie due à M. Le Charles (fig. 3); restant attachées à la feuille par les vraies pattes, elles soulèvent la partie postérieure de leur corps qui forme alors une sorte de S; certaines Tenthrèdes, non grégaires, soulèvent aussi leur corps, et on a prétendu que c'était une attitude de défense, car elles mettent ainsi en évidence deux grosses taches noires qu'elles portent à la face ventrale et qui normalement ne sont pas visibles. Ce qui est remarquable chez les larves de *Crœsus* précédemment citées, c'est la simultanéité de ces mouvements qui s'exécutent comme s'ils étaient commandés.

On a observé aussi une manœuvre curieuse chez les larves de *Perga*, Tenthrèdes australiennes. Parmi les Lépidoptères, les chenilles dites processionnaires sont connues comme se déplaçant en longues files, chacune touchant l'extrémité du corps de la précédente; si on dissocie la procession, elle se reconstitue au plus vite. Les larves des *Perga* se déplacent d'une manière analogue, comme on le voit sur la figure 1 E. Ainsi la forme « chenille » semble conditionner le comportement processionnaire chez des insectes qui n'ont entre eux aucune affinité réelle.

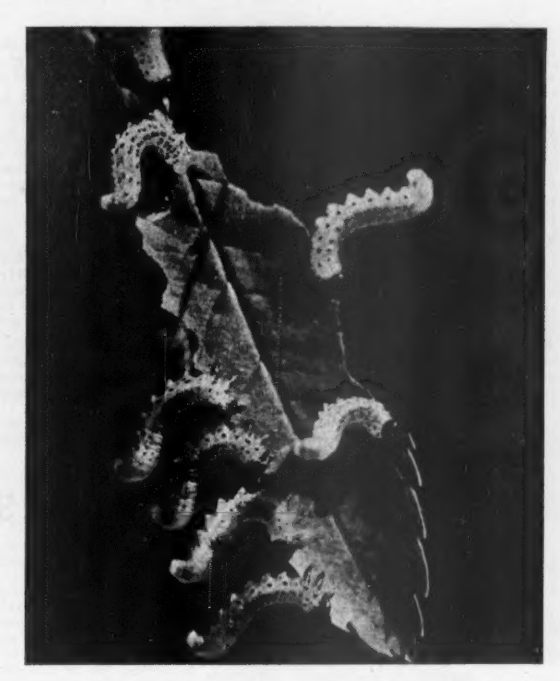


Fig. 3. — *Larves de Crœsus dévorant une feuille.*
(*Photo* L. Le Charles).

L. Berland,
Sous-directeur au Muséum.

Pipe-lines à vin

L'*Encyclopédie mensuelle d'outre-mer* signale que le port d'Alger change progressivement d'aspect. Naguère, une partie des quais était encombrée de fûts de vin attendant leur embarquement dans des cargos. Puis les futailles se raréfièrent et l'on vit une intense circulation de camions-citernes venant remplir les chais du port du vin qu'ils avaient été chercher dans les cuves des viticulteurs et des vineries industrielles, puis le transportant au bord du quai pour le verser dans les cales des cargos en partance. Les bateaux aussi changèrent : aux cargos à tous usages se substituèrent de pimpants « pinardiers » aux cales-citernes. Maintenant, les camions-réservoirs disparaissent à leur tour ; les chais du port et des alentours qui ne pouvaient stocker que 23 000 hl en 1946 ont aujourd'hui une capacité totale de 236 854 hl, et ils sont reliés aux quais par des pipe-lines souterrains. L'an dernier, près de 80 pour 100 des vins expédiés d'Alger par mer ont été embarqués ainsi. Les installations de pompage ont des débits horaires pouvant atteindre 800 hl par poste, équivalant au chargement de 320 futailles, soit plus de 5 tonneaux à la minute, sans main-d'œuvre ni souci de mise en cale.

Autrefois, pour les bonifier, on faisait accomplir à certains crus, en fûts, un voyage autour du monde. Il reste à apprendre si les pinardiers acquerront la même réputation et si les clapotements des pompes et des cales améliorent la qualité des vins.

La population du Canada

L'excellente revue documentaire *Mes Fiches*, de Montréal, vient de publier les résultats du dernier recensement établi par le Bureau fédéral de la Statistique d'Ottawa. La population du Canada qui était en 1931 de 10 376 786 habitants a considérablement augmenté ; elle a atteint 11 506 655 en 1941 et 14 009 429 en 1951. 8 280 809 ont l'anglais pour langue maternelle et 4 068 850 le français. 6 709 685 sont d'origine britannique, 4 319 167 d'origine française, 2 553 722 d'autres origines européennes; on compte 165 607 Esquimaux. Au point de vue religieux, 6 069 496 sont catholiques romains, 2 867 271 de l'Église-Unie du Canada, 2 060 720 de l'Église d'Angleterre, 781 747 presbytériens, 519 585 baptistes, 444 923 luthériens.

30,8 pour 100 des habitants sont donc d'origine française, 29 pour 100 ont le français pour langue maternelle, 43,3 pour 100 sont catholiques romains.

Sans compter les terres polaires des îles du Grand Nord, la superficie du Canada est de 9 964 269 km². La densité du peuplement n'est donc que de 1,4 habitant par kilomètre carré.

LE CIEL EN OCTOBRE 1953

SOLEIL : du 1er au 31, sa déclinaison décroît de $-3^\circ11'$ à $-14^\circ6'$; la durée du jour passe de 11^h38^m le 1er à 9^h54^m le 31, diamètre apparent : le 1er = $32'0'',5$, le 31 = $32'16'',8$. — **LUNE :** Phases : N. L. le 8 à 0^h40^m, P. Q. le 15 à 21^h44^m, P. L. le 22 à 12^h56^m, D. Q. le 29 à 13^h9^m ; *apogée* le 6 à 18^h, diamètre app. $29'24''$, *périgée* le 21 à 16^h, diamètre app. $33'20''$. Principales conjonctions : avec **Mars** le 5 à 13^h, à $5^\circ9$ N., et avec **Vénus** à 15^h, à $5^\circ14'$ N. ; avec **Neptune** le 9 à 0^h, à $7^\circ8'$ N., et avec **Saturne** à 10^h, à $7^\circ45'$ N.; avec **Mercure** le 10 à 1^h à $3^\circ23'$ N. ; avec **Jupiter** le 26 à 12^h, à $3^\circ14'$ S. ; avec **Uranus** le 28 à 13^h, à $0^\circ2'$ N. Principales occultations : d'*Uranus* (mag. 5,9) le 1er, émersion à $4^h23^m,6$; de θ *Cancer* (mag. 5,6) le 2, émersion à $4^h12^m,0$; de ρ *Verseau* (mag. 5,4) le 18, immersion à $21^h2^m,7$; de 36 *Taureau* (mag. 5,7) le 24, émersion à $19^h49^m,9$. — **PLANÈTES : Mercure,** plus grande élongation du soir le 23, à $24^\circ18'$ E. du Soleil, se couche 40^m après le Soleil le 28 ; **Vénus,** astre du matin, se lève à 3^h15^m le 4, soit 2^h40^m avant le Soleil, diamètre app. $12'',0$; **Mars,** dans le *Lion*, visible le matin, se lève à 3^h10^m le 16, diamètre app. $3'',8$; **Jupiter,** dans le *Taureau*, se lève le 16 à 19^h55^m, diamètre pol. app. $40'',4$; **Saturne,** inobservable, en conjonction avec le Soleil le 23 ; **Uranus,** dans les *Gémeaux*, se lève à 21^h9^m le 28, position : 7^h40^m et $+21^\circ55'$, diamètre app. $3'',7$; **Neptune,** inobservable. — **ÉTOILES FILANTES :** *Orionides*, du 16 au 22, radiant vers ν *Orion*. — **ÉTOILES VARIABLES :** Minima observables d'*Algol* ($2^m,3$-$3^m,5$), le 6 à $7^h,0$, le 9 à $3^h,8$, le 12 à $0^h,6$, le 14 à $21^h,4$, le 17 à $18^h,2$, le 29 à $5^h,5$; minima de β *Lyre* ($3^m,4$-$4^m,3$), le 9 à $20^h,3$, le 22 à $18^h,6$. — **ÉTOILE POLAIRE :** Passage sup. au méridien de Paris, le 8 à $0^h37^m41^s$, le 17 à $0^h2^m21^s$ et $23^h58^m26^s$, le 28 à $23^h15^m12^s$.

Phénomènes remarquables. — Occultation d'Uranus par la Lune le 1er (âge de la Lune : 22,9 jours), à observer à l'aide d'une bonne jumelle (pour **Lyon,** émersion à $4^h27^m,4$; pour **Toulouse,** émersion à $4^h21^m,5$). — **Vénus en conjonction avec Mars** le 4 à 6^h (Vénus à $0^\circ2'$ S.). — **Lumière cendrée de la Lune** le 5 le matin, et le soir le 11. — **Lumière zodiacale,** le matin avant l'aube, à l'Est, en l'absence de la Lune, et **lueur antisolaire** vers minuit, dans les *Poissons*.

(Heures données en **Temps universel** ; tenir compte des modifications introduites par l'heure en usage).

G. FOURNIER.

LES LIVRES NOUVEAUX

Le diamant, par Edmond BRUET. 1 vol. in-8°, 256 p., 11 dessins, 9 photos. Payot, Paris, 1952. Prix : 800 F.

L'auteur, qui a parcouru professionnellement la plupart des terrains diamantifères du globe, présente sur le sujet une étude complète : cristallographie du diamant et étude des minéraux satellites, diamants de joaillerie et industriels, taille, estimation de la valeur. Il examine ensuite les conditions de gisement et les procédés de prospection, prélèvements des échantillons, préparation des chantiers d'exploitation ; puis les principales régions diamantifères sont étudiées dans leur géologie, leur minéralogie, les roches liées au diamant : A.E.F., Afrique du Sud, Congo belge, Angola, Brésil, etc. Un chapitre est consacré aux recherches ayant porté sur la météorite du Canyon diablo (Arizona) qui renferme des diamants microscopiques. Enfin, l'auteur examine les diverses théories sur l'origine du diamant et son transport depuis les couches profondes où il est supposé avoir pris naissance.

Géologie dauphinoise, initiation à la géologie par l'étude des environs de Grenoble, par Maurice GIGNOUX et Léon MORET. 2e édition refondue. 1 vol. 17×23, 392 p., 91 fig. et 3 cartes hors-texte. Prix : 1 650 F.

Les deux professeurs à la Faculté des sciences de Grenoble ont voulu d'abord s'adresser aux étudiants et aux amateurs et ils ont rendu le sujet aussi attrayant que possible en remplaçant les descriptions de coupes géologiques par des dessins de paysages judicieusement commentés, de sorte que le lecteur assiste à des leçons « sur le terrain ». Les géologues professionnels seront toutefois intéressés par des exposés originaux sur quelques questions, tant de stratigraphie que de tectonique, qui trouvent une bonne illustration dans la région grenobloise. Enfin 27 descriptions d'itinéraires d'excursions géologiques d'une journée au départ de Grenoble achèvent de préparer le lecteur à l'intelligence de l'histoire et du mécanisme des plissements alpins. L'une de ces excursions, qui a pour objet le Quaternaire dans la vallée du Drac, fournit un exemple de la collaboration nécessaire entre les géologues et les ingénieurs constructeurs de barrages.

Les hormones végétales, par Roger DAVID. 1 vol. 12×19, 187 p., 12 fig., 5 planches hors-texte. Presses Universitaires de France, Paris, 1952.

Un très petit nombre d'hormones végétales ont pu jusqu'ici être isolées ; ce sont essentiellement les hormones de croissance : auxines *a* et *b*, et hétéro-auxine, ou acide indole-acétique ; cette dernière substance est aussi un facteur de multiplication cellulaire. Les facteurs de différenciation existent certainement, rhizocaline déterminant la formation des racines, caulocaline celle des tiges, mais cette dernière hormone est beaucoup plus hypothétique. Une substance spéciale mériterait le nom d'hormone de blessure ; libérée par les cellules traumatisées, elle présiderait à la réparation des tissus. La différenciation des fleurs et leur maturation est aussi sous la dépendance d'hormones qui ont pu être décelées, mais non isolées ; chose curieuse, elles provoquent sur les animaux des actions analogues à celles des facteurs œstrogènes. La pesanteur influant sur la concentration des hormones végétales, la lumière sur leurs transformations chimiques, la cause des tropismes se trouve éclairée. De toutes ces questions, des découvertes acquises, des points controversés, le petit livre du professeur à la Faculté des Sciences de Bordeaux offre un exposé concis et clair.

Précis de phytogénétique, par G. KUHNHOLTZ-LORDAT. 1 vol. 14×21, 390 p., 70 fig. Masson, Paris, 1952.

Les processus de la reproduction des plantes sont beaucoup plus compliqués et variés que dans le règne animal. Le praticien appelé à utiliser la génétique pour l'amélioration des espèces végétales est obligé d'en tenir compte. Que la graine puisse être le résultat de deux hybridations parallèles suffit à rappeler cette complexité. L'auteur a donné tout le développement qui convenait au chapitre de l'affinité des géniteurs. Certaines plantes se fécondent elles-mêmes, parfois obligatoirement ; d'autres ne donnent pas de produits fertiles par autofécondation, et exigent la fécondation croisée ; d'autres encore admettent les deux processus, avec prédominance ordinaire de l'un d'eux. On retrouve ces affinités préférentielles ou exclusives dans l'hybridation ; le généticien qui veut réunir les qualités de deux variétés doit quelquefois faire intervenir préalablement une troisième variété en raison de ces affinités ou de ces défauts d'affinité. La connaissance approfondie de ces mécanismes est dès maintenant nécessaire pour tout agronome désireux d'améliorer ses produits ; il ne saurait avoir de meilleur guide que l'ouvrage du professeur à l'École nationale d'agriculture de Montpellier.

Flore de l'Afrique du Nord, par René MAIRE. Vol. 1 : Ptéridophytes, Gymnospermes, Monocotylédones (Pandanales, Fluviales, Glumiflores : Graminées, sous-fam. Bambusoïdées et Panicoïdées). 16×25, 366 p., 209 fig., 1 carte, 1 portrait hors-texte. Paul Lechevalier, Paris, 1952. Vol. 2 : Graminées, sous-fam. Pooidées p. p., 374 p., 198 fig. P. Lechevalier, Paris, 1953.

Pendant plus de vingt ans, le célèbre professeur à la Faculté des Sciences d'Alger n'a pas arrêté de parcourir le Maroc, l'Algérie, la Tunisie, la Tripolitaine, la Cyrénaïque et le Sahara septentrional, accumulant des documents et des centaines de publications dont cette flore est la synthèse. A côté des espèces spontanées, il a fait une large place à de nombreuses espèces exotiques, décrites en petit texte pour éviter toute confusion. La classification suivie est celle d'Engler ; l'espèce est assez largement comprise, les formes moins bien caractérisées étant groupées sous le nom collectif en sous-espèces, variétés, sous-variétés et formes, solution inévitable pour une vaste région encore incomplètement connue. L'auteur indique modestement que sa flore n'est qu'un travail de dégrossissage ; mais c'est le travail d'un maître, et les regrets sont bien vifs de l'avoir vu disparaître en 1949 avant l'achèvement de son immense entreprise, que lui seul pouvait mener à bien. MM. Marcel Guinochet et Louis Faurel se sont chargés de la publication et la réalisation est digne du disparu. Ces deux premiers volumes seront suivis de 18 autres, la rédaction de R. Maire allant jusqu'au genre *Vicia*. Restent à rédiger la fin des Dyalipétales et les Gamopétales. « Tous ceux, dit M. Louis Emberger dans sa préface, qui sont, à des titres divers, les héritiers spirituels du grand savant auront à cœur de terminer l'œuvre commencée ».

Flore illustrée des jardins et des parcs. Arbres, arbustes et fleurs de pleine terre, par P. FOURNIER. 4 vol. 16×25, T. I, 337 p., T. II, 549 p., T. III, 535 p., T. IV, Atlas, 2020 fig. Paul Lechevalier, Paris, 1951-1952.

Le directeur du *Monde des plantes* a apporté dans la rédaction de cette flore les mêmes qualités de clarté, de rigueur et d'esprit pratique qu'on apprécie dans les *Quatre flores de la France*. Grâce à cet ouvrage, l'amateur comme l'horticulteur et le botaniste pourront facilement déterminer les plantes exotiques qui ont acquis droit de cité sous nos climats. L'auteur a rassemblé ici la matière de nombreux ouvrages français et étrangers, passés au crible de sa vaste expérience personnelle. Sans sacrifier la précision, il a articulé ses tableaux dichotomiques sur les caractères les plus immédiatement reconnaissables ; il demeure bien entendu qu'une certaine pratique de la botanique est utile néanmoins pour se guider au milieu de ces 6 730 espèces, réparties en 1 284 genres. De claires figures y aident.

La description des champignons supérieurs, par M. JOSSERAND. 1 vol. 16×25, 338 p., 232 fig. Paul Lechevalier, Paris, 1952.

Les anciens mycologues se contentaient de descriptions très sommaires ; ils ont mélangé

Le gérant : F. DUNOD. — DUNOD, ÉDITEUR, PARIS. — DÉPÔT LÉGAL : 3e TRIMESTRE 1953, N° 2466. — IMPRIMÉ EN FRANCE.
BARNÉOUD FRÈRES ET Cie, IMPRIMEURS, (310566), LAVAL, N° 2799. — 9-1953.

sous les mêmes noms des espèces que nous avons appris à distinguer ; inversement le même champignon était souvent décrit sous des noms différents. Ce n'est pas seulement l'étude des caractères microscopiques qui doit remédier à cela, mais aussi une méthode améliorée pour la description des caractères visibles à l'œil nu ou à la loupe ; odeur, saveur, consistance, colorations aux réactifs chimiques doivent aussi intervenir. Avant tout une langue précise et adéquate doit être trouvée et fixée. M. Josserand n'a-t-il pas découvert que le même terme descriptif était entendu de façon différente selon les auteurs ? Il s'est livré à ce sujet à une enquête dont les résultats seuls justifieraient ce livre. Et voici les mycologues en possession d'un instrument de travail qui rendra désormais inexcusables les erreurs de description et d'interprétation. Une première partie examine tout ce qui est matière à notation utile ; la 2e partie, la plus originale, est un « vocabulaire raisonné du descripteur ». Cet ouvrage fera date dans la mycologie descriptive.

Muscinées, par Mme JOVET-AST. 1 vol. 14×21, 97 p., 25 fig., 24 planches hors-texte. Société d'édition d'enseignement supérieur, Paris, 1952.

Premier ouvrage d'une nouvelle collection « Cryptogamia », dirigée par Roger Heim, membre de l'Institut, directeur du Muséum. Après avoir donné l'essentiel de la structure des trois classes de Muscinées (Hépatiques, Sphaignes, Mousses proprement dites), leur mode de développement et de reproduction, des conseils judicieux pour leur étude, Mme Jovet-Ast ne décrit qu'un petit nombre d'espèces parmi les plus communes ; mais elle les décrit avec un soin parfait, une planche entière étant consacrée à chaque espèce. Un guide idéal pour le débutant qui se propose, dès l'abord, d'aller un peu au fond des choses.

Flore analytique des champignons supérieurs (agarics, bolets, chanterelles), par Robert KÜHNER et Henri ROMAGNESI. 1 vol. 18×24, 557 p., 677 fig. Masson, Paris, 1953.

La description et l'identification des champignons est rendue difficile par la pauvreté des caractères apparents. Fondées sur ces caractères, les anciennes flores, même des plus grands maîtres, comme Fries et Quélet, étaient depuis longtemps reconnues insuffisantes. On a été conduit à des méthodes nouvelles ; on s'est armé du microscope, on a noté la taille, la forme des spores, leur ornementation ; la structure des revêtements, l'arrangement des cellules, la présence et la forme de certaines cellules spéciales (poils, cystides, etc.) ; on cherche maintenant à localiser les pigments, à noter l'action des réactifs chimiques, etc. Mais, sauf monographies de genres, ou choix arbitraire d'espèces, les résultats de tous ces travaux sont restés confinés dans des publications dispersées. Si l'on excepte le livre de Bourdot et Galzin consacré aux Polypores et genres voisins, il manquait une flore répondant aux exigences modernes. Elle nous est donnée par deux de nos plus réputés mycologues, d'autorité mondiale. Naturellement, rançon du progrès, la classification est quelque peu modifiée. On saura gré à MM. Kühner et Romagnesi d'avoir été prudents et d'avoir changé au minimum les habitudes des mycologues. Dans une matière d'une complexité très grande, ils ont été aussi clairs et simples que possible, multipliant en revanche les notes critiques dans les cas difficiles. On peut être assuré de l'originalité de leurs descriptions et qu'il n'y a là aucune « espèce fantôme ». Cette œuvre était impatiemment attendue et, pour une longue période, nul mycologue étudiant les Basidiomycètes supérieurs ne pourra s'en passer.

La greffe, par Raoul-Michel MAY. 1 vol. 12×19, 301 p., 82 fig. Gallimard, Paris, 1952.

Dans quelles conditions un organisme peut-il s'intégrer un organe ou un tissu d'origine étrangère ? Le chirurgien seul ne peut répondre à cette question, quelle que soit sa maîtrise ; la réponse appartient au biologiste car, quels que soient les procédés opératoires, s'il existe une incompatibilité humorale, le porte-greffe réagit en tuant le greffon. L'auteur examine tous les cas d'après les expériences les plus récentes. La greffe réussit d'autant mieux que les tissus confrontés appartiennent à de plus proches parents, génétiquement ou zoologiquement ; elle devient aussi d'autant plus difficile qu'on s'élève davantage dans la hiérarchie zoologique ; enfin elle est plus facile pour les sujets jeunes ou, mieux encore, les tissus embryonnaires, technique à laquelle le professeur de la Sorbonne a apporté une importante contribution personnelle. C'est la poursuite de telles recherches qui seule pourra montrer la voie aux greffes thérapeutiques. Ce livre donne l'état actuel de la question, exposé clairement pour un large public.

Le monde merveilleux des abysses, par K. GUNTHER et K. DECKERT. 1 vol. in-8°, 191 p., 155 fig. Payot, Paris, 1952. Prix : 750 F.

En tant que milieu de vie, la profondeur des mers est caractérisée par la rareté de la nourriture, le froid, l'immobilité, le manque de lumière. Les auteurs discutent l'influence de ces divers facteurs sur les formes et la physiologie des êtres vivants qui s'y sont adaptés. La pauvreté des ressources a entraîné le développement de structures extraordinaires, bouches monstrueuses, estomacs extensibles, la grosseur des proies ingérées compensant leur rareté. Tissus lâches, enveloppes gélatineuses, grande élongation des pièces du squelette sont tolérées par l'immobilité du milieu, et sont aussi en rapport avec le manque de calcium et de vitamine D. Le manque de lumière a entraîné aussi d'étranges structures, apparemment contradictoires. Il semble que la sélection naturelle ait peu joué dans ce milieu... La vie dans les abysses pose avec une acuité nouvelle les problèmes éternels de la biologie.

Le hasard et la vie des espèces, par Étienne RABAUD. 1 vol. 13×19, 279 p. Flammarion, Paris, 1953.

L'auteur, comme on le sait, ne se laisse pas enfermer dans le dilemme Lamarck-Darwin. L'hérédité des caractères acquis lui paraît insoutenable et la sélection naturelle se réduit à l'élimination des inviables. La survivance du plus apte est une illusion : la plupart des particularités anatomiques et physiologiques ne procurent pas de réel avantage, on trouve des êtres qui en sont dépourvus et subsistent néanmoins. La fécondité différentielle n'est pas plus efficace, car les causes de destruction sont d'une efficacité proportionnelle à l'abondance des populations, et une faible population n'attire pas les agresseurs et parasites. Les mutations sont la matière première de l'évolution ; elles ne sont pas d'origine purement interne, comme le veulent les néo-darwiniens ; elles sont causées par des changements du métabolisme, lui-même sous l'influence du milieu extérieur. Une lente transformation de la physiologie peut se traduire à un moment donné par une modification apparemment soudaine. Le livre abonde de faits minutieusement analysés.

Vie et mœurs des oiseaux, par Paul BARRUEL. 1 vol. 22×28, 205 p., 80 planches en héliogravure, nombreux dessins dans le texte, 16 hors-texte en couleurs. Horizons de France, Paris, 1953. Prix : 2 500 F.

Premier ouvrage d'une collection « La nature vivante ». Dans tous les chapitres de ce livre, à propos de leurs activités journalières, de leur nutrition, de leur reproduction, de leurs migrations, de leur vie sociale, il apparaît que les actes instinctifs, innés, sont prédominants chez les oiseaux ; nombre de gestes sont sous la dépendance immédiate, à la fois de conditions physiologiques internes (hormones, etc.), parfois mais non toujours régies par des influences extérieures (lumière, humidité, etc.), à la fois de stimuli extérieurs qui les déclenchent automatiquement. La silhouette du parent qui s'approche du nid ou, au début, un simple bruit fait ouvrir le bec des jeunes. A côté de cela, les activités qui sont en partie sous la dépendance d'un apprentissage, comme le chant, se distinguent assez nettement. Les activités dites « de substitution » expliquent aussi beaucoup de conduites : un oiseau, au lieu d'attaquer un rival, se met à lisser ses plumes, de même que nous nous grattons la tête au lieu d'agir... Ce magnifique ouvrage, plein de belles images, nourri d'une science vivante et sûre, ne fait aucune place aux interprétations complaisantes et périmées.

Vie et mœurs des fourmis, par Albert RAIGNIER. Trad. du néerlandais par le Dr DEBIL. 1 vol. in-8°, 224 p., 81 fig., 20 planches hors-texte. Payot, Paris, 1952. Prix : 950 F.

Les problèmes que les fourmis posent au naturaliste et au psychologue sont nombreux et complexes : beaucoup ont été tentés de les simplifier, soit en réduisant le comportement de ces animaux à un pur automatisme, soit au contraire en l'interprétant à la lumière des idées et des sentiments humains. L'auteur montre par de nombreuses et minutieuses observations que les fourmis ne sont pas de purs automates, car leur conduite est capable de s'adapter. Dans l'orientation, la lumière joue un grand rôle, mais surtout l'odeur. Les relations entre individus et entre espèces sont réglés par des déterminismes plus subtils. L'« esclavagisme » présente toute une série de modalités, ici judicieusement analysées. Beaucoup d'observations n'ont pu être acquises que grâce à l'établissement de nids artificiels, dont l'auteur nous donne les descriptions, avec quantité d'expériences qui ont coûté beaucoup de patience et d'ingéniosité.

Vie et mœurs des araignées, par Maurice THOMAS. 1 vol. in-8°, 339 p., 83 fig. Payot, Paris, 1953. Prix : 1 200 F.

La biologie des insectes a été abondamment vulgarisée, celle des araignées l'a été beaucoup moins. On accueillera donc avec faveur ce livre, fruit d'une longue expérience. Bien que toutes carnassières, les araignées se sont adaptées à des genres de vie très divers et posent quantités de problèmes au biologiste et au psychologue. Il y a celles qui chassent à la course et celles qui chassent à l'affût, et parmi celles-ci les plus nombreuses ourdissent des toiles de modèles fort variés ; d'autres prennent leurs proies en lançant leur fil ; et beaucoup utilisent leur soie à d'autres usages ; le moins curieux n'est pas la cloche à plongeur des araignées aquatiques... Il y a encore les parasites, les voleuses... L'auteur discute les interprétations de ses devanciers et propose les siennes ; on regrettera seulement ses attaques peu convaincantes contre le transformisme, qu'il ne remplace par aucune autre explication.

Océanographie méditerranéenne, supplément n° 2 de *Vie et milieu*, sous la direction de Georges PETIT. 1 vol. 16×25, 300 p. Hermann, Paris, 1952.

Ce volume réunit les rapports présentés aux journées d'études tenues en mai 1951 au Laboratoire Arago, à Banyuls-sur-Mer ; il s'ouvre par des réflexions du professeur L. Fage, mettant en lumière les caractères exceptionnels de la Méditerranée, qui s'expliquent par son passé. La plateforme continentale y est presque inexistante mais les habitats, exigus, sont très variés et originaux ; les peuplements, pauvres en individus, sont riches en espèces et offrent un champ de recherche étendu. Même remarque pour le plancton, dont MM. F. Bernard et Tregouboff présentent des études. Les algues méditerranéennes n'ont pas été assez étudiées ; de jeunes botanistes entendront l'appel que leur lance M. J. Feldmann. De nouvelles recherches doivent servir la science pure comme l'exploitation rationnelle des richesses de la mer.

L'hérédité humaine, par Jean ROSTAND. 1 vol. Collection « Que sais-je ? ». Presses Universitaires de France, Paris, 1952.

L'étude de l'hérédité humaine se heurte à des difficultés évidentes ; de précieux renseignements sont tirés des généalogies bien étudiées, mais celles-ci sont rares et d'interprétation délicate. On se fonde donc en majeure partie sur la génétique des animaux. Il n'en existe pas moins une génétique humaine dont la médecine, en particulier la médecine légale, a déjà largement tiré parti, et sur laquelle on peut s'appuyer pour envisager des solutions à d'importants problèmes sociaux. Groupes sanguins et transfusion, facteur Rhesus, questions raciales, eugénique, sont quelques-uns des chapitres les plus actuels. L'élimination des tares dans une population est théoriquement possible, mais le problème a des incidences qui débordent la science. Il convient en tout cas que les procréateurs soient avertis de leurs responsabilités. A une telle instruction ce petit livre constitue la meilleure préface.

PETITES ANNONCES

(165 F la ligne, taxes comprises. Supplément de 100 F pour domiciliation aux bureaux de la revue).

Le gérant : F. DUNOD. — DUNOD, ÉDITEUR, PARIS. — DÉPÔT LÉGAL : 3[e] TRIMESTRE 1953. N° 2466. — IMPRIMÉ EN FRANCE.
BARNÉOUD FRÈRES ET C[ie], IMPRIMEURS, (310566), LAVAL, N° 2799. — 9-1953.